This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`

Digitized by Google

343.4.5

HARVARD COLLEGE
LIBRARY

FROM THE BEQUEST OF
JAMES WALKER
(Class of 1814)
President of Harvard College

"Preference being given to works in the Intellectual and Moral Sciences"

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Bibliothèque de Philosophie scientifique

ERNST MACH

Professeur à l'Université de Vienne

LA Connaissance et l'Erreur

TRADUIT SUR LA DERNIÈRE ÉDITION ALLEMANDE

PAR

le Dr MARCEL DUFOUR

Professeur Agrégé à la Faculté de Médecine de Nancy

PARIS

ERNEST FLAMMARION, ÉDITEUR

26, RUE RACINE, 26

Cinquième mille

Digitized by Google

3° HISTOIRE

ALEXINSKY (Grégoire), ancien député à la Douma. **La Russie moderne** (8e mille).

ALEXINSKY (Grég.). **La Russie et l'Europe** (5e mille).

AURIAC (Jules d'). **La Nationalité française, sa formation.**

AVENEL (Vicomte Georges d'). **Découvertes d'Histoire sociale** (6e mille).

BIOTTOT (Colonel). **Les Grands Inspirés devant la Science. Jeanne d'Arc.**

BLOCH (G.), professeur à la Sorbonne. **La République romaine.**

BORGHÈSE (Prince G.). **L'Italie moderne** (4e mille).

BOUCHÉ-LECLERCQ (A.), de l'Institut. **L'Intolérance religieuse et la politique** (4e m.).

BRUYSSEL (E. van), conseil général de Belgique. **La Vie sociale** (6e mille).

CAZAMIAN (Louis), ms de Conférences à la Sorbonne. **L'Angleterre moderne** (6e m.).

CAZAMIAN (Louis). **La Grande-Bretagne et la guerre.**

CHARRIAUT. **La Belgique moderne** (7e m.).

CHARRIAUT (Henri) et M.-L. AMICI-GROSSI. **L'Italie en guerre.**

COLIN (J.), Lt-Colonel. **Les Transformations de la Guerre** (6e mille).

COLIN (J.) Lt-Colonel. **Les Grandes Batailles de l'Histoire.** *De l'antiquité à 1912* (6e m.).

CROISET (A.), membre de l'Institut. **Les Démocraties antiques** (8e mille).

DIEHL (Charles), membre de l'Institut. **Une République patricienne. Venise** (5e m.).

GARCIA-CALDERON (F.). **Les Démocraties latines de l'Amérique** (5e mille).

GENNEP. **Formation des Légendes** (5e m.).

HARMAND (J.), ambassadeur. **Domination et Colonisation.**

HILL, ancien ambassadeur. **L'Etat moderne.**

LE BON (Dr Gustave). **La Révolution Française** (10e mille).

LICHTENBERGER (H.), professeur adjoint à la Sorbonne. **L'Allemagne moderne** (13e m.).

LUCHAIRE (J.) Dr de l'Institut de Florence. **Les Démocraties italiennes.**

MEYNIER (Commandant O.), pr à l'École militaire de Saint-Cyr. **L'Afrique noire** (5e mille).

MICHELS (Robert). Professeur à l'Université de Turin. **Les Partis Politiques.**

MUZET (A.). **Le Monde balkanique** (3e e.).

NAUDEAU (Ludovic). **Le Japon moderne, son Evolution** (10e mille).

OLLIVIER (E.), de l'Académie française. **Philosophie d'une Guerre (1870)** (6e mille).

OSTWALD (W.), professeur à l'Université de Leipzig. **Les Grands Hommes.**

PIRENNE (H.), Prof à l'Université de Gand. **Les Démocraties des Pays-Bas** (4e m.).

ROZ (Firmin). **L'Energie américaine** (8e e.).

Digitized by Google

La Connaissance et l'Erreur

Digitized by Google

Digitized by Google

Bibliothèque de Philosophie scientifique

ERNST MACH

PROFESSEUR A L'UNIVERSITÉ DE VIENNE

LA Connaissance et l'Erreur

TRADUIT SUR LA DERNIÈRE ÉDITION ALLEMANDE

PAR

le Dr MARCEL DUFOUR

PROFESSEUR AGRÉGÉ
A LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE NANCY

PARIS
ERNEST FLAMMARION, ÉDITEUR
26, RUE RACINE, 26

1908

Droits de traduction et de reproduction réservés pour tous les pays, y compris la Suède et la Norvège.

Digitized by Google

Phil 343.4.5

HARVARD COLLEGE
MAY 28 1920
LIBRARY

Walker fund

Published, Paris, 12 février 1908.
Privilege of Copyright in the United States reserved under the Act approved march 3, 1905,
By Ernest Flammarion, Paris.

Publié à Paris, le douze février mil neuf cent huit.
Privilège du droit d'auteur aux États-Unis, réservé en vertu de la loi sanctionnée le 3 mars 1905,
par Ernest Flammarion, éditeur à Paris.

Digitized by Google

La Connaissance et l'Erreur

AVANT-PROPOS DU TRADUCTEUR

En présentant aux lecteurs de la Bibliothèque de Philosophie scientifique l'ouvrage dont M. le professeur Mach m'a fait l'honneur de me confier la traduction, je voudrais, d'une façon aussi succincte que possible, caractériser le point de vue auquel se place l'auteur et les grandes lignes de sa pensée.

M. Mach est un physicien, dont les idées ont été fortement influencées par la doctrine de l'évolution et les progrès des sciences biologiques. Il envisage la vie psychique, et notamment le travail scientifique, comme un aspect de la vie organique, et il en cherche l'origine profonde dans les exigences biologiques. Pour lui, les premières fonctions psychiques ont leur source dans l'économie de l'organisme, tout comme les mouvements et la digestion.

Nos sensations nous apparaissent comme le fondement unique de ce que nous savons : il est donc

Digitized by Google

important de les analyser soigneusement. L'homme naturel, que les phénomènes assaillent de toutes parts, n'a ni le temps ni l'occasion de distinguer ce qui lui parvient par telle ou telle voie nerveuse. Il perçoit des groupes de sensations provenant d'excitations sensorielles très différentes ; il remarque que certains de ces groupes se présentent à lui avec une constance relative, et il leur donne des noms, il les appelle des *choses*, par exemple un arbre au tronc rugueux, aux feuilles lisses et mobiles, etc..., un fruit arrondi, jaune et sucré, etc... Il existe donc entre certaines sensations des relations plus ou moins constantes, et il est facile de voir que ces relations sont de deux sortes. Les unes, ne dépendant ni de la position de mon corps, ni de mes dispositions, sont indépendantes de moi et font l'objet des sciences physiques et naturelles. Les autres, sur lesquelles j'ai une influence propre, dépendent de mon état personnel et font l'objet des sciences psychologiques. Le *Moi* et le *Monde extérieur* sont des constructions empiriques et non pas des notions métaphysiques. Nous appelons ce qui est immédiatement donné à tous le *Physique*, et ce qui n'est immédiatement donné qu'à un seul le *Psychique*. L'observation seule nous apporte la conviction que les sensations d'un homme sont en relation avec celles des autres hommes et qu'*il y a un monde physique commun*. Si tous les hommes avaient des hallucinations identiques, nous n'aurions pas de moyen de reconnaître ces hallucinations comme

Digitized by Google

telles, et nous pourrions dire, d'une façon paradoxale et pourtant exacte, que notre conception du monde extérieur résulte de ces hallucinations communes en rapport de dépendance régulière les unes avec les autres.

Nous avons ainsi distingué le domaine physique et le domaine psychique, mais il faut bien remarquer que ces deux domaines sont formés des mêmes éléments, les sensations, et qu'il n'y a pas entre eux opposition absolue, comme les physiciens et les psychologues l'ont généralement admis.

Le but de la science est de mettre de l'ordre dans les données sensibles, de chercher avec toute l'*économie de pensée* possible les relations de dépendance qui existent entre les sensations, et de réaliser une construction aussi uniforme que possible pour nous éviter la fatigue intellectuelle. Une connaissance scientifique comporte la description, c'est-à-dire l'imitation mentale d'un fait, et cette description doit pouvoir remplacer l'expérience et l'économiser.

La science s'édifie peu à peu par l'adaptation progressive des idées aux faits et des idées entre elles. Un exemple le fera bien comprendre. A peine a-t-on reconnu la propagation rectiligne de la lumière que l'on découvre des phénomènes de réfraction et de diffraction. A peine a-t-on établi l'existence d'un indice de réfraction que l'on s'aperçoit qu'il en faut un pour chaque couleur. On s'est habitué à voir l'intensité lumineuse aug-

Digitized by Google

menter quand on ajoute de la lumière à de la lumière, et on observe tout à coup un cas où l'intensité est diminuée. Enfin on reconnaît partout, dans l'infinie variété des phénomènes lumineux, l'existence d'une périodicité dans le temps et dans l'espace et d'une vitesse de propagation qui dépend du milieu et de la période. On peut à bon droit qualifier d'économique le procédé qui permet d'embrasser facilement tous ces faits et de les reproduire mentalement.

Cette double adaptation des idées aux faits et des idées entre elles se trouve réalisée par divers processus dont M. Mach a étudié tout spécialement le développement historique pour diverses branches de la physique, notamment par l'expérimentation mentale et l'expérimentation physique. La relation de cause à effet, qui a joué un grand rôle dans le développement de la science, est insuffisante et imprécise ; il y a grand avantage à la remplacer par la notion de fonction qui est d'une application beaucoup plus générale. En définitive, le savant cherche à obtenir entre les différentes variables des équations analogues à l'équation connue $f(p, v, T) = o$.

Le but de la science est donc d'exprimer les faits de la façon la plus économique et la plus simple pour nous permettre de prévoir dans une certaine mesure ce qui va se passer et de compléter mentalement des faits incomplètement connus. Le but de la science n'est pas de chercher le réel, car, à supposer que l'on veuille attribuer à la

Digitized by Google

nature la propriété de donner des résultats identiques dans des circonstances identiques, on ne saurait y trouver les circonstances identiques : « la nature n'est là qu'une fois », et les cas identiques n'existent que dans notre représentation schématique.

Pour qu'un homme puisse s'occuper de science, il faut qu'il soit partiellement déchargé des soucis matériels de l'existence, et on peut dire que la science est un produit de la société : il n'y a pas de savant isolé. Enfin, toutes les sciences sont solidaires, et, la morale elle-même, appartenant comme le droit à la technique sociale de la civilisation, il ne nous est pas interdit de songer au jour où elle sera inspirée à son tour par la pensée scientifique.

Les Physiciens connaissent depuis longtemps les études critiques de M. Mach, sur la Mécanique et sur la Chaleur. Ils savent que pour lui le but de la Science est l'organisation *économique* de nos connaissances. Ceux qui ont lu son travail sur l'Analyse des sensations ont pu voir quelle importance ce savant attache aux liens multiples qui relient la Physique et la Biologie. Ces ouvrages spéciaux ne s'adressent qu'à un public assez restreint.

Mais, M. Mach a développé ses idées dans un ouvrage d'une lecture moins aride pour les profanes, qui jusqu'alors ne connaissaient guère de lui que ses Conférences populaires. *Erkenntnis und Irrtum* eut un succès considérable dans les pays de langue allemande : la première édition,

Digitized by Google

parue en 1905, fut enlevée en moins d'un an, et la seconde édition date de 1906.

Le présent volume en est la traduction abrégée. En particulier, j'ai supprimé, sur le conseil de l'auteur, deux chapitres concernant les théories de la géométrie et faisant à peu près double emploi avec ce que M. Poincaré a écrit sur la question.

M. E. Chatelain a bien voulu revoir une grande partie de mon travail, et mon Maître, M. R. Blondlot, m'a aidé de ses conseils pour la traduction du dernier chapitre. Je leur en exprime ici toute ma reconnaissance, et j'adresse un cordial remerciement à mon ami, M. L. Verain, qui m'a secondé très activement.

Digitized by Google

PRÉFACE

Sans être philosophe le moins du monde, sans même en accepter le nom, le savant a le besoin impérieux d'examiner les méthodes par lesquelles il acquiert ou étend ses connaissances. Pour y arriver le plus directement possible, il doit considérer, avec attention, l'accroissement des connaissances humaines dans son domaine spécial et dans les domaines voisins; il doit surtout rechercher les *motifs particuliers* qui guident le chercheur. Il faut bien que ces motifs lui apparaissent plus facilement qu'à tout autre, à lui qui connaît bien l'anxiété qui accompagne la recherche et la satisfaction qu'apporte la solution. Le savant pourra se déclarer satisfait *s'il reconnaît que l'activité psychique consciente du chercheur est une modification méthodiquement expliquée, aiguisée et affinée de l'activité instinctive des animaux et des hommes, activité qui intervient journellement dans la vie à l'état de nature et dans la civilisation.*

Nous n'avons pas le droit de dédaigner le travail de schématisation et de classement des connais-

Digitized by Google

sances méthodologiques, même s'il ne s'est pas fait au stade convenable du développement de la science, même s'il est insuffisant. Mais il faut dire bien haut que, si elle peut être acquise d une manière générale, l'habitude de la recherche se trouve stimulée bien davantage par des exemples particuliers et vivants que par des formules abstraites, auxquelles des exemples peuvent seuls redonner quelque contenu intelligible et concret.

Voila pourquoi ce sont surtout des savants comme Copernic, Gilbert, Kepler, Galilée, Huyghens, Newton et, plus près de nous, J. F. W. Herschel, Faraday, Whewell, Maxwell, Jevons et d'autres, qui ont par leurs exemples rendu de réels services aux disciples de la science.

Pendant l'hiver 1895-1896, j'ai fait sur la psychologie et la logique de la recherche scientifique un cours où j'ai essayé de ramener autant que possible la psychologie de la recherche scientifique à des pensées autochtones des sciences. Les pages de ce livre contiennent, remanié librement, un extrait de la matière traitée dans ce cours. J'espère par là pousser les jeunes physiciens à élargir le cercle de leurs idées et, en même temps, leur signaler des sciences voisines peu étudiées par eux, et dont l'examen leur offrirait pourtant des éclaircissements sur la pensée en elle-même.

L'exécution de ce plan sera naturellement entachée de bien des défauts. J'ai toujours éprouvé un vif intérêt pour les sciences voisines de la mienne et pour la philosophie; mais je n'ai pu naturel-

Digitized by Google

lement que les parcourir en amateur. Je dis avec Schuppe : le pays du transcendant m'est fermé, et, en outre, je déclare ouvertement que ses habitants ne peuvent nullement exciter ma curiosité scientifique. Il est aisé dès lors de mesurer l'abîme énorme qui me sépare de beaucoup de philosophes. Je l'ai déjà dit explicitement : *je ne suis qu'un savant et je ne suis absolument pas un philosophe.* Si malgré cela, on m'a parfois compté comme tel, et d'une façon un peu retentissante, je n'en suis pas responsable. Mais naturellement, je ne veux pas, comme savant, m'abandonner en aveugle à la direction d'un philosophe particulier, ainsi que l'exige de ses malades le médecin de Molière.

Voici en quoi consiste ce que je cherche à faire pour la méthodologie scientifique et la psychologie de la connaissance. Je ne songe pas à introduire de philosophie nouvelle dans les sciences de la nature, mais j'en voudrais séparer une ancienne philosophie vieillie, et cet effort a d'ailleurs été mal pris par plus d'un savant. Parmi les nombreux dogmes philosophiques qui ont vu le jour dans le cours du temps, il y en a beaucoup que les philosophes eux-mêmes ont reconnus pour des erreurs, ou exposés d'une façon si claire qu'ils peuvent aisément être reconnus comme tels par toute personne non prévenue. Rencontrant dans les sciences une critique moins attentive, ces dogmes y ont subsisté plus longtemps : ils sont inutiles, ils créent même de pseudo-problèmes dangereux et oiseux ; il n'y a rien de mieux à en

Digitized by Google

faire qu'à les mettre de côté. Si j'ai fait en cela œuvre utile, le mérite, à vrai dire, en revient aux philosophes, et si ceux-ci le repoussent, la génération à venir sera peut-être plus juste à leur égard qu'ils ne veulent l'être eux-mêmes.

Pendant plus de quarante ans, n'étant prisonnier d'aucun système, j'ai eu l'occasion, au laboratoire et dans la salle de cours, d'examiner les voies par lesquelles la connaissance progresse. J'ai cherché à les exposer dans différents écrits. Mais, là encore, ce que j'ai observé n'est pas non plus ma propriété exclusive. D'autres chercheurs attentifs ont souvent aperçu les mêmes choses ou des choses très voisines. Si leur attention n'avait pas été accaparée par les menues besognes de la recherche, au point de laisser retomber dans l'oubli maintes découvertes méthodologiques, tout ce que je présente aujourd'hui comme psychologie de la connaissance serait depuis longtemps la possession assurée des savants. Pour cela même, je ne crois pas que mon travail soit perdu. Peut-être les philosophes reconnaîtront-ils un jour dans ma tentative un éclaircissement philosophique de la méthodologie des sciences de la nature et feront-ils de leur côté un pas dans ce sens; même si cela n'arrive pas, j'espère être utile aux savants.

Vienne, Mai 1905.

Digitized by Google

CHAPITRE I

Science et Philosophie.

Dans des conditions simples, constantes et favorables, les animaux vivants inférieurs s'adaptent aux circonstances par des réflexes innés, et cela suffit généralement à assurer pendant un certain temps la conservation de l'individu et de l'espèce. Dans des conditions plus compliquées et moins constantes, l'animal ne résiste que s'il est capable de s'adapter à des modifications plus considérables du milieu. Il lui faut pour cela *voir de plus loin* dans l'espace et le temps; il y arrive d'abord grâce à des organes des sens plus parfaits, et, par suite de l'accroissement des besoins, l'*intelligence* se développe davantage. En fait, un être vivant, ayant de la *mémoire*, possède au point de vue psychique un champ d'action plus étendu que ce que ses sens lui permettent d'atteindre directement dans l'espace et dans le temps. Ce qui assurait à l'*homme* primitif un avantage quantitatif sur les animaux

Digitized by Google

avec lesquels il vivait, c'était tout simplement la puissance de sa mémoire individuelle, soutenue progressivement par les souvenirs mis en commun des ancêtres et de la race.

De même, le progrès de la civilisation est essentiellement caractérisé par ce fait que l'activité de l'homme atteint chaque jour des régions plus étendues de l'espace et du temps. Pour un degré plus avancé de civilisation, la division du travail et le développement de l'industrie amènent une *facilité* plus grande de la vie, et l'individu, s'orientant vers un groupe de faits plus restreint, ses idées ont plus de force, sans que celles du peuple entier aient moins d'étendue.

Alors, petit à petit, on peut se faire une spécialité de cette manière de pensée intensive : la pensée scientifique, issue de la pensée populaire, clôt le développement biologique continu qui commence aux manifestations de la vie les premières et les plus simples.

Chez la plupart des hommes, le rôle de l'intelligence est de compléter par la pensée un fait partiellement observé. Le chasseur se représente les habitudes du gibier qu'il épie pour y conformer sa façon de chasser. L'agriculteur songe aux sols convenables, au temps opportun pour les semailles, à l'époque de la maturité d'une plante qu'il veut cultiver. L'achèvement par la pensée d'un fait donné en partie seulement est un trait *commun* à la pensée vulgaire et à l'esprit scientifique. Galilée cherche tout simplement à se représenter tout

Digitized by Google

le cours du mouvement d'une pierre lancée dans une direction donnée avec une vitesse initiale donnée.

C'est par un autre trait que la pensée scientifique *diffère* souvent beaucoup de celle du vulgaire. Celle-ci, au moins à ses débuts, sert des buts *pratiques*, et vise d'abord la satisfaction des besoins du corps. La pensée scientifique, plus forte, se crée des buts propres, cherche à se satisfaire elle-même, et à supprimer toute gêne *intellectuelle*. Elle s'est développée en servant des buts pratiques, mais elle est devenue son propre maître. La pensée vulgaire ne vise *pas de buts scientifiques purs* ; par là, elle est entachée de maintes insuffisances, comme la pensée scientifique à ses débuts. La pensée scientifique ne s'affranchit de ces défauts que peu à peu.

Si on jette un regard en arrière, on voit que le progrès scientifique est dû à une correction continue de la pensée vulgaire. Quand la civilisation se développe, l'esprit scientifique influe à son tour sur la pensée qui vise des buts pratiques : la pensée *technique*, scientifiquement inspirée, se substitue à la pensée vulgaire dont elle réduit de plus en plus le champ.

La *représentation* des faits par la pensée, ou l'*adaption* des pensées aux faits nous permet, si des faits n'ont été observés que partiellement, de prévoir les éléments qui les complètent, dans la mesure où leur complément se trouve déterminé par ce que nous connaissons déjà. Les caractères des faits sont

Digitized by Google

liés entre eux, et c'est en cela que consiste leur détermination.

Ces caractères des faits sont le point de départ de la pensée. La pensée vulgaire, comme la pensée scientifique à son début, doit se contenter d'une adaption très grossière des idées aux faits, et il n'y a pas encore entre ces idées une concordance parfaite. Pour compléter notre satisfaction intellectuelle, il faut en outre *adapter* nos pensées *les unes aux autres*. Ce dernier effort, qui est l'épuration *logique* de la pensée, mais qui dépasse de beaucoup ce but, est, par excellence, le caractère distinctif de la science par opposition avec la pensée vulgaire. Celle-ci s'applique presque uniquement à la réalisation de buts pratiques, et cela lui suffit.

La pensée scientifique se présente à nous sous deux types d'aspect tout différent : la pensée du *philosophe* et la pensée du *savant* spécialisé. Le philosophe cherche à s'orienter dans l'ensemble des faits d'une façon universelle aussi complète que possible ; par là même il est obligé d'emprunter à la science des éléments pour sa construction. Le savant n'a d'abord à envisager et à étudier qu'un domaine de faits plus restreint. Mais, en vue du but actuel qu'il se propose à chaque instant, c'est toujours d'une façon arbitraire et brutale que l'homme sépare les faits les uns des autres, et les limites du domaine offert à chaque spécialiste se trouvent de plus en plus reculées par le progrès de la recherche scientifique. Tout spécialiste se rend compte finalement que les résultats obtenus dans

Digitized by Google

les autres branches par d'autres savants doivent contribuer à l'orienter lui-même dans sa spécialité. C'est la fusion de ces spécialités qui apportera *la conception du monde*, vers laquelle tendent tous les spécialistes.

L'imperfection des résultats, que les savants peuvent obtenir, les conduit, chemin faisant, à faire des emprunts plus ou moins avoués à la pensée philosophique. Le but final de toute recherche est ainsi le même. Les plus grands philosophes, Platon, Aristote, Descartes, Leibniz ont ouvert de nouvelles voies à la recherche scientifique, et, sans porter le nom de philosophes, des savants comme Galilée, Newton, Darwin et autres ont pourtant agi puissamment sur la pensée philosophique.

Sans doute ce que le philosophe prend pour *un point de départ* possible n'apparaît au savant que comme le but très éloigné vers lequel tendent ses efforts. Mais cette divergence d'opinions ne doit empêcher et, en fait, n'empêche personne de profiter du travail d'autrui. La philosophie a souvent cherché à rassembler les traits les plus généraux des diverses sciences, et a acquis dans ce sens une riche expérience. Elle a peu à peu reconnu, au moins en partie, et appris à éviter les erreurs qu'elle a commises elle-même et que commet encore *aujourd'hui*, presque à coup sûr, le savant qui n'a pas reçu d'éducation philosophique. Mais elle a donné aussi aux sciences de la nature des idées positives de très haute valeur, les différentes notions de conservation, par exemple.

Digitized by Google

En revanche, les sciences fournissent à la philosophie des bases plus solides que la pensée vulgaire. Les diverses sciences sont pour le philosophe des exemples de constructions prévoyantes, solides et fécondes en résultats; d'autre part la trop grande spécialisation du savant donne au philosophe d'utiles enseignements.

En fait, tout philosophe a sa science à lui, et tout savant sa philosophie à lui. Mais cet élément personnel du savoir de chacun est généralement un peu arriéré. Il est très rare qu'un savant puisse trouver complète la science du philosophe quand celui-ci a l'occasion de l'exprimer. La plupart des savants ont aujourd'hui comme philosophie un matérialisme vieux de cent cinquante ans, et, depuis longtemps, ce système paraît inadmissible aux philosophes, et même aux hommes qui ne se tiennent pas trop en dehors de la pensée philosophique. Les philosophes qui s'occupent de science sont rares aujourd'hui, et il est exceptionnel qu'un savant accorde aux questions philosophiques l'effort de sa pensée. Pourtant ce serait absolument nécessaire à l'intelligence des choses, car la lecture seule ne peut profiter ni au philosophe ni au savant.

Les vieux chemins, que les philosophes et les savants ont battus pendant des milliers d'années, sont par places bien frayés, mais, en maints endroits, nous les voyons barrés par des préjugés instinctifs très naturels, philosophiques ou scientifiques, restés là comme les débris de recherches antérieures et

Digitized by Google

de travaux stériles : il conviendrait d'enlever ces décombres de temps à autre.

Tous les individus, à l'éveil de leur pleine conscience, trouvent toute faite en eux-mêmes une *vue* du monde à laquelle ils n'ont pas volontairement contribué. Chacun la reçoit comme un don de la nature et de la civilisation. Tout penseur doit forcément prendre cette image comme point de départ, la développer et la corriger, en mettant à profit les expériences de ses devanciers et en évitant de son mieux leurs erreurs : bref, il doit s'orienter lui-même et n'avancer qu'avec prudence.

En quoi consiste cette vue du monde? Je *me* trouve dans l'espace, entouré de différents corps qui y sont mobiles. Certains de ces corps sont inanimés. Les autres sont des plantes, des animaux ou des hommes. *Mon corps*, mobile lui aussi dans l'espace, est pour moi un objet visible, tangible, sensible, qui occupe une partie de l'espace et s'y trouve comme les autres corps *à côté et en dehors* d'eux. *Mon* corps se distingue des corps des autres hommes par des caractères individuels, et son contact donne naissance à des impressions spéciales que je n'éprouve pas quand d'autres corps se touchent. De plus, il n'est pas, comme le corps des autres hommes, complètement visible pour mon œil ; il m'apparaît sous une perspective toute particulière et je ne puis voir les autres corps du même point de vue. Il en est de même pour le sens du tact et pour les autres sens. Par exemple, j'entends

Digitized by Google

ma voix tout autrement que la voix des autres hommes[1].

J'ai des souvenirs, des espérances, des craintes, des instincts, des désirs, des volitions, etc., que je trouve en moi sans les faire, pas plus que je ne donne l'existence aux corps qui m'entourent. Mais à ces volontés se rattachent des mouvements d'*un certain* corps qui, par ce fait, comme par ce que j'ai dit plus haut, se caractérise comme *mon* corps. Par une *analogie* irrésistible, je pense que, aux corps d'hommes et d'animaux, se rattachent des souvenirs, des espérances, des craintes, des volitions, des instincts et des désirs analogues à ceux qui sont rattachés à mon corps. D'après la manière d'agir des autres hommes, je suis encore forcé d'admettre que pour *eux*, *mon* corps et les autres corps sont aussi immédiatement présents que le sont pour *moi leurs* corps et les autres corps. Par contre, mes souvenirs, mes désirs, etc., ne sont pour eux que la conclusion d'un raisonnement par analogie, comme le sont pour *moi leurs* souvenirs, leurs désirs, etc.

On peut appeler le *physique* tout ce qui dans l'espace est immédiatement donné à *tous*; d'autre part, on appellera provisoirement le *psychique* ce qui n'est immédiatement donné qu'à *un seul*, et qui, pour les autres, n'est connu que par analogie. Le *moi* (au sens étroit) d'un individu désignera

1. Avec de bons phonographes nous reconnaissons le timbre de voix des amis, mais notre propre voix y prend un timbre étranger, dû à ce que la résonnance de la tête fait défaut.

Digitized by Google

l'ensemble de ce qui n'est immédiatement donné qu'à lui.

Autour de moi, dans l'espace, les choses que je peux observer *dépendent les unes des autres.* Une aiguille magnétique se déplace dès que j'en approche suffisamment près un autre aimant. Un corps s'échauffe près du feu et se refroidit au contact d'un morceau de glace. La flamme d'une lampe rend visible une feuille de papier placée dans l'obscurité. La conduite des autres hommes me force à admettre que leurs perceptions ressemblent aux miennes. Nous avons le plus grand intérêt à savoir comment les phénomènes *dépendent les uns des autres,* aussi bien dans le but pratique de satisfaire nos besoins que, au point de vue théorique, pour prévoir par la pensée la suite d'une observation incomplète.

En étudiant la dépendance relative des corps entre eux, je puis considérer les corps des hommes et des animaux comme des corps sans vie, tant que je fais abstraction de ce que je tire de l'analogie. Par contre, je remarque que *mon* corps exerce toujours sur mes perceptions une influence essentielle. Un corps peut jeter une ombre sur une feuille de papier blanc, mais je peux voir sur le papier une tache semblable à cette ombre si, immédiatement auparavant, j'ai fixé du regard un corps bien éclairé. Pour une position convenable de mes yeux, je puis voir *double un corps unique;* à la place de *deux* corps tout à fait semblables, je puis en voir *trois.* Quand j'ai tourné rapidement

Digitized by Google

sur moi-même, des corps en mouvement me paraissent immobiles, et inversement des corps immobiles me semblent en mouvement. Si je ferme les yeux, je ne vois plus rien. Mon corps a une influence analogue sur mes perceptions tactiles ou sur mes perceptions de chaleur. Si mon voisin fait sur *son* corps les mêmes expériences, cela ne change rien à ce que *j'*éprouve ; je n'apprends qu'indirectement, quand il me le dit, que *ses* perceptions sont modifiées d'une façon correspondante, comme l'analogie me le faisait prévoir.

Les éléments de ce que *je* perçois dans l'espace dépendent, en général, les uns des autres ; mais ils sont liés d'une façon plus spéciale à ce qui est *mon* corps, et cela est vrai, *mutatis mutandis*, pour les perceptions de chacun. Si nous attribuons à cette relation spéciale de toutes *nos* perceptions et de *notre* corps une valeur *exagérée*, si nous négligeons par là toutes les autres relations, nous arrivons facilement à considérer *toutes* nos perceptions comme un pur produit de notre corps, à tenir tout pour subjectif.

Mais nous avons toujours devant les yeux la limite de notre corps dans l'espace, et nous voyons que les choses que nous trouvons en dehors de cette limite spatiale U[1] sont liées entre elles, mais dépendent aussi de ce qui se trouve en dedans de cette limite. L'étude des relations entre des choses extérieures à U est d'ailleurs beaucoup plus simple

1. U est l'initiale du mot allemand *Umgrenzung*, limite.

Digitized by Google

et plus avancée que celle des relations qui sont à cheval sur cette limite. Nous pouvons, en conséquence, supposer que ces dernières relations sont de même ordre, de même espèce que les premières; nous le voyons avec une sûreté qui croît de jour en jour, à mesure que progresse l'étude du corps de l'homme et des animaux. La physiologie, qui, au fur et à mesure qu'elle se développe, s'appuie de plus en plus sur la physique, peut expliquer les conditions subjectives d'une perception.

On ne peut plus admettre aujourd'hui ce *subjectivisme* naïf qui, pour les opposer à une prétendue *réalité* constante, considérerait comme des *apparences* les perceptions différentes d'une même personne dans des circonstances différentes, et celles de différentes personnes dans différents cas. Nous ne nous attachons qu'à la connaissance *complète* des conditions d'une perception; le reste n'a pour nous aucun intérêt, ni pratique, ni théorique.

Je puis ramener l'ensemble de mes perceptions *physiques* à des éléments qui actuellement ne sont plus décomposables : couleurs, sons, pressions, odeurs, espaces, temps, etc. Ces éléments dépendent de circonstances extérieures à mon corps, et de circonstances intérieures à mon corps : ce sont des *sensations*. Les sensations de mon voisin ne me sont pas connues immédiatement, mes sensations ne sont pas immédiatement connues de mon voisin, et je suis autorisé à regarder ces éléments dans lesquels j'ai décomposé le physique, comme étant aussi les éléments du psy-

Digitized by Google

chique. Le *physique* et le *psychique* contiennent donc des éléments *communs* et ne sont pas l'un en face de l'autre en opposition absolue, comme on le croit généralement. Cela deviendra plus clair encore si nous montrons que souvenirs, représentations, sentiments, volontés et concepts sont formés de traces laissées par les sensations, et qu'ils peuvent dès lors être comparés aux sensations.

Il n'y a pas de savant isolé : tous ont des buts pratiques, tous apprennent quelque chose des autres, tous travaillent à l'orientation des autres.

Nos perceptions physiques nous exposent à nombre d'erreurs ou d'*illusions*. Un bâton plongé obliquement dans l'eau est vu brisé, et un observateur, qui ne serait pas au courant, pourrait croire qu'au toucher aussi ce bâton paraîtrait brisé. Un miroir concave donne une image qui nous paraît saisissable. Un objet vivement éclairé nous paraît blanc, et nous sommes étonnés de le trouver noir à un éclairage moins vif. La silhouette d'un tronc d'arbre dans l'obscurité nous rappelle la forme d'un homme, et nous croyons avoir cet homme devant nous. Toutes les illusions de ce genre sont dues à ce que nous ignorons les circonstances dans lesquelles une perception se produit, ou que nous n'y faisons pas attention, ou que nous les supposons *autres* qu'elles ne sont réellement. Notre imagination complète ce que nous fournit l'expérience de la façon qui nous est *la plus habituelle*, et fausse quelquefois, par cela même, nos perceptions. Ainsi ce qui conduit à

Digitized by Google

opposer l'apparence à la réalité, le *phénomène* et la *chose*, c'est la confusion des perceptions produites par les circonstances les plus différentes avec des perceptions produites par des circonstances *parfaitement déterminées*. L'insuffisance de la pensée vulgaire a engendré l'antagonisme entre le phénomène et la chose ; cette conception s'est introduite en philosophie et la philosophie a du mal à s'en débarrasser. La monstrueuse et inconnaissable *chose en soi*, cachée derrière les phénomènes, est la sœur jumelle de la chose vulgaire. On a méconnu la limite U, on a étiqueté comme *apparence* le *contenu total* du moi ; mais alors en quoi peut nous intéresser quelque chose d'inconnaissable, situé en dehors des limites du moi, que nous ne pourrons jamais franchir ?

Considérons les éléments rouge, vert, chaud, froid, etc. : quel que soit leur nom, ils sont immédiatement donnés. Ils dépendent d'éléments extérieurs à U (éléments *physiques*) et d'éléments intérieurs à U (éléments *psychiques*) ; mais, dans les deux cas, ils sont toujours *les mêmes*, ce sont toujours des données immédiates. Les choses étant ainsi posées simplement, la question de l'apparence et de la réalité n'a plus de sens. Nous avons devant nous à la fois les éléments du monde réel et les éléments du moi. La seule chose qui puisse nous intéresser, en dehors de cela, c'est la *dépendance fonctionnelle* (au sens mathématique) de ces éléments *entre eux*. On peut toujours appeler cette dépendance des éléments une *chose*, mais ce n'est

Digitized by Google

pas une chose *inconnaissable*. Toute observation nouvelle, toute proposition scientifique nous fait avancer dans la connaissance de cette chose.

Si nous considérons sans préjugé le *moi* étroit, il apparaît lui aussi comme une dépendance fonctionnelle des éléments ; seulement, par sa *forme*, cette dépendance diffère de celles que nous sommes habitués à rencontrer dans le domaine du physique. Les représentations ne se comportent pas comme les éléments du physique, elles sont liées les unes aux autres par des associations, etc. Nous n'éprouvons pas le besoin d'avoir derrière ce mécanisme quelque chose d'inconnu et d'inconnaissable qui ne nous aiderait en rien à la mieux comprendre. Derrière le moi, il y a toujours quelque chose de presque *inexploré* : c'est notre corps. Mais toute nouvelle observation psychologique ou physiologique nous fait mieux connaître le moi. Nous devons déjà d'importants renseignements à la psychologie introspective, à la psychologie expérimentale, à l'anatomie du cerveau, et à la psychopathologie, qui vont à la rencontre de la physique (au sens le plus large) pour se compléter avec elle en une connaissance plus pénétrante du monde. Nous pouvons espérer que tous les problèmes rationnels deviendront de plus en plus susceptibles de recevoir une réponse.

On cherche la relation réciproque des représentations changeantes dans l'espoir de saisir les phénomènes psychiques, les événements et les actes de sa propre vie. Mais celui qui, au bout de son

Digitized by Google

étude, a encore besoin d'un sujet agissant et pensant, ne remarque pas qu'il eût pu épargner toute sa peine, car il est revenu à son point de départ. La situation rappelle l'histoire du paysan qui se faisait expliquer les machines à vapeur d'une fabrique et finissait par demander où étaient les chevaux par lesquels ces machines étaient mises en mouvement. Il n'y a pas longtemps qu'on commence à se familiariser avec une psychologie sans âme.

Nous poussons l'analyse de ce que nous percevons jusqu'aux *éléments* que nous ne pouvons *provisoirement* pas dépasser. Cela a surtout l'avantage de mettre sous la forme la plus simple et la plus transparente les deux problèmes de la chose insondable, et du moi également impénétrable, et de les faire par là-même reconnaître comme de *pseudo-problèmes*. Si nous excluons ce dont la recherche n'a aucun sens, nous n'en verrons apparaître que plus nettement ce que nous pouvons réellement atteindre par les *sciences particulières : toutes les relations, et les différents modes de relations des éléments entre eux.*

Des groupes de tels éléments peuvent toujours être désignés comme choses (comme corps); mais on voit bien qu'à proprement parler, il n'existe pas de chose *isolée*. Seulement, si nous considérons les liaisons les plus frappantes et les plus fortes, en négligeant les autres, nous acceptons en commençant, pour une étude provisoire, la fiction des choses isolées. C'est aussi sur une différence de

Digitized by Google

degrés des dépendances que repose l'opposition du monde et du moi. Il n'existe pas plus de moi *isolé* que de chose isolée. Chose et moi sont des fictions provisoires de même espèce.

Nos considérations n'apportent au philosophe que peu de chose ou rien. Elles ne se proposent pas de résoudre *une* ou *sept* ou *neuf énigmes de l'Univers*. Elles conduisent seulement le savant à écarter les pseudo-problèmes qui le troublent, et elles laissent le reste à la recherche positive. Ce que nous offrons immédiatement n'est qu'une *règle négative* pour la recherche scientifique, règle dont n'a pas à se préoccuper le philosophe, qui déjà connaît ou croit connaître des bases sûres pour une conception du monde. L'exposé que nous faisons doit être jugé d'abord au point de vue scientifique; mais pourtant le philosophe peut y appliquer sa critique et modifier nos idées selon ses besoins ou les rejeter complètement. Il est sans importance, pour le savant, que ses représentations s'accordent ou non avec tel ou tel système philosophique; l'essentiel est qu'il puisse les prendre avec avantage comme point de départ de ses recherches.

La façon de penser et de travailler du savant est, en effet, très différente de celle du philosophe. N'ayant pas la bonne fortune de posséder d'inébranlables axiomes, le savant s'est habitué à considérer comme provisoires ses idées et ses principes les plus sûrs et les mieux fondés, et il est toujours prêt à les modifier à la suite de nouvelles

Digitized by Google

expériences. En fait, cette attitude peut seule rendre possibles les progrès sérieux et les grandes découvertes.

Nos réflexions ne peuvent indiquer au chercheur qu'*un idéal*, dont la réalisation approchée et progressive reste réservée à l'avenir. La découverte des relations directes des éléments entre eux est une tâche tellement complexe qu'elle ne peut être accomplie en une fois : elle doit avancer pas à pas. Au début, il était beaucoup plus facile de rechercher à peu près et en gros la dépendance réciproque de *complexes* entiers d'éléments (de corps). Dans ce travail, le hasard, les besoins pratiques, les connaissances déjà acquises ont joué un grand rôle : ils ont rendu certains éléments plus importants et ont dirigé l'attention sur eux, tandis que d'autres éléments restaient, au contraire, dans l'ombre. Chaque savant, pris isolément, est toujours en plein développement ; il doit rattacher les connaissances qu'il a acquises aux connaissances moins étendues de ses devanciers ; mais il ne peut les compléter et les corriger que selon son idéal. Il applique avec reconnaissance à ses propres recherches les aides et les indications que contiennent les travaux antérieurs. Il ajoute souvent aussi, et, sans le remarquer, les erreurs de ses prédécesseurs et de ses contemporains aux siennes propres.

En revenant, si c'était possible, au point de vue tout à fait naïf, en s'affranchissant totalement des idées des contemporains, on éprouverait à la fois

Digitized by Google

l'avantage et l'inconvénient qu'il y a à supprimer les hypothèses : on serait embarrassé par la complication de la tâche et on ne pourrait *commencer* une étude. Aujourd'hui, nous semblons revenir à un point de vue *primitif*, pour donner à la recherche une nouvelle orientation sur des voies meilleures ; mais c'est une naïveté *artificielle*, qui ne supprime pas les avantages acquis au cours d'une longue civilisation et qui, au contraire, applique des vues supposant des pensées très mûries en physique, en physiologie et en psychologie.

C'est seulement ainsi qu'on peut imaginer la réduction aux éléments. Il s'agit d'un retour aux *points de départ* de la recherche avec des aperçus plus profonds et plus riches. Il faut avoir atteint un certain développement psychique avant de pouvoir commencer l'étude scientifique. Mais aucune science ne peut employer dans leur confusion les concepts vulgaires. La science doit remonter à leurs sources, à leurs origines, pour les former ensuite d'une manière mieux déterminée et plus correcte. Cela ne devait-il être interdit qu'à la psychologie et à la théorie de la connaissance ?

Pour étudier une multiplicité d'éléments dépendant les uns des autres d'une façon compliquée, nous n'avons à notre disposition qu'*une seule* méthode : la *méthode des variations*. Elle consiste à étudier pour chaque élément la variation qui se trouve liée à la variation de chacun des autres éléments. Il importe assez peu que ces variations

Digitized by Google

se produisent d'elles-mêmes, ou que nous les introduisions volontairement; les relations seront découvertes par l'*observation* et par l'*expérimentation*. Même dans le cas où les éléments ne dépendraient les uns des autres que deux à deux, l'étude systématique de leurs relations serait déjà une tâche très ardue. Des considérations mathématiques montrent que, pour les combinaisons des objets trois à trois, quatre à quatre, etc., la recherche méthodique des relations deviendrait rapidement si difficile qu'elle serait pratiquement impossible.

En négligeant provisoirement les relations moins frappantes, en s'occupant d'abord des relations les plus frappantes, on rendra le travail beaucoup plus facile. Ces deux façons d'alléger la tâche ont été trouvées *instinctivement*, sous l'influence immédiate des besoins pratiques de l'homme et de son organisation psychique. Ce n'est que plus tard que les savants les ont employées consciemment, avec habileté et *méthode*. Sans ces simplifications, qu'on peut toujours considérer comme des imperfections, la science n'aurait certainement pas pu s'accroître et se constituer. C'est un fil très embrouillé que l'on dévide, et, pour ce labeur, un heureux hasard a presque autant d'importance que l'habileté et l'acuité d'observation. Le travail du chercheur est aussi passionnant que peut l'être, pour le chasseur, la poursuite d'un gibier peu connu dans des circonstances difficiles.

Pour étudier la dépendance de certains élé-

Digitized by Google

ments, il convient de tenir aussi constants que possible certains autres éléments dont l'influence n'est pas douteuse, mais qui seraient pour la recherche une cause de trouble. Le travail se trouve ainsi grandement facilité. La connaissance de la double dépendance de chaque élément à l'égard des éléments extérieurs et intérieurs à la limite U du Moi étroit conduit à étudier immédiatement les rapports réciproques des éléments extérieurs à U et à laisser aussi *constants* que possible ceux qui sont intérieurs à U, c'est-à-dire que *le* sujet ou *les différents* sujets, prenant part à l'observation, étudient dans des circonstances aussi constantes pour eux que possible la relation entre l'éclairement d'un corps, sa température, ses mouvements, etc. : de la sorte, dans la mesure du possible, nous affranchissons de l'influence de notre propre corps la connaissance du *physique*.

Pour compléter ce travail, il faut chercher les relations *physiologiques* et *psychologiques* qui franchissent la limite U et lui sont intérieures : la chose est facilitée par les études de physique déjà effectuées.

Cette division du travail s'est produite instinctivement, et il ne s'agit plus que de la fixer *méthodiquement*, en prenant conscience de ses avantages. La science offre de nombreux exemples de division du travail pour des recherches faites dans des champs plus restreints.

Après ces remarques préliminaires, nous allons examiner de plus près les motifs directeurs de la

Digitized by Google

recherche scientifique. Nous n'avons nullement la prétention d'être complet. Nous nous garderons, surtout, de la philosophie et de la systématisation prématurées. Nous parcourrons en promeneur attentif le domaine de la science, et nous observerons, dans ses caractères particuliers, la conduite du savant. Nous chercherons par quels moyens la connaissance de la nature a réellement progressé jusqu'à présent et comment elle a la perspective de progresser désormais. L'activité pratique et la pensée populaire ont préparé instinctivement la façon d'agir du savant. Celui-ci n'a fait que les transporter dans le domaine scientifique, où elles ont fini par mûrir en une méthodologie consciente. Nous n'avons nul besoin, pour être satisfait, de sortir de ce qui nous est empiriquement donné. Il nous suffira de ramener les caractères de la conduite du savant à des caractères que nous pouvons observer *en fait* et retrouver dans la vie ordinaire, et de prouver que cette conduite présente des avantages réellement *pratiques*. Une étude générale de notre vie physique et psychique sera la base naturelle de notre tâche.

Digitized by Google

CHAPITRE II

Etude psychophysiologique.

L'adaptation progressive des pensées aux faits accroît notre expérience. L'adaptation des pensées entre elles constitue le système de pensées clair, ordonné, simplifié et sans contradictions que nous envisageons comme l'*idéal de la science*. *Mes* pensées ne sont immédiatement accessibles qu'à *moi*, comme celles de mon voisin ne sont directement connues que de lui. Les pensées appartiennent au domaine psychique. Ce n'est que quand elles entrent en relation avec le physique par le jeu de la physionomie, les gestes, les paroles, les actions, que je puis, par analogie, hasarder une induction plus ou moins certaine sur les pensées de mon voisin, en prenant comme base mon expérience *physique et psychique*. D'autre part, cette même expérience m'apprend aussi à reconnaître que mes pensées, ce qu'il y a en moi de psychique, dépendent de ce qui m'entoure physiquement, notam-

Digitized by Google

ment de mon *corps* et de la conduite de mes voisins.

Décomposons un fait psychique en ses parties constituantes. Nous y trouvons d'abord ce que nous appelons « sensation », quand nous le considérons comme dépendant de notre corps (ouverture des yeux, direction du regard, etc.), et qui, dépendant d'*autres conditions physiques* (présence du soleil et de corps saisissables, etc.), est appelé caractère « des propriétés » des corps; je veux dire le vert d'une pelouse, la résistance du sol sur lequel je marche, etc.

Des sensations telles que le chaud, le froid, la lumière, l'obscurité, les couleurs vives, l'odeur d'ammoniaque, le parfum des roses, etc., ne nous laissent pas indifférents en général; elles nous sont agréables ou désagréables, c'est-à-dire que notre *corps* réagit, vis-à-vis de ces sensations, par des mouvements plus ou moins intenses de rapprochement ou d'éloignement, et ces mouvements, à leur tour, ne sont pour l'introspection que des combinaisons de sensations. Au début de la vie psychique, nous ne conservons un souvenir net et fort que des sensations auxquelles était attachée une réaction forte. Puis, d'une façon indirecte, d'autres sensations peuvent aussi rester dans la « mémoire » : indifférente en soi, la seule vue du flacon qui contient de l'ammoniaque en rappelle l'odeur, et cesse par là d'être indifférente. L'ensemble des sensations éprouvées antérieurement, et conservées par le *souvenir*, agit mainte-

Digitized by Google

nant à chaque nouvelle sensation. L'Hôtel de Ville, devant lequel je passe, ne serait pour moi qu'un arrangement de taches colorées dans l'espace, si je n'avais déjà vu beaucoup de bâtiments dont j'ai parcouru les couloirs et monté les escaliers. Les souvenirs de sensations multiples forment, avec la sensation optique, un complexe beaucoup plus richement fourni, la *perception*, dont nous ne séparons qu'avec peine la pure sensation actuelle. Si plusieurs personnes ont *les mêmes* choses sous les yeux, l' « attention » de chacune d'elles est éveillée dans un sens différent : leurs idées actuelles sont dirigées d'une façon particulière par de forts souvenirs individuels. Un ingénieur âgé se promène, dans une rue de Vienne, avec un fils de dix-huit ans et un gamin de cinq ans. Leurs rétines ont reçu les mêmes images. L'ingénieur n'a guère vu que les tramways, le jeune homme a particulièrement regardé les jolies filles, et l'enfant n'a peut-être eu d'attention que pour les jouets, aux devantures des boutiquiers.

Des états *organiques* particuliers, innés ou acquis, interviennent ici. Les traces laissées dans la mémoire par des sensations antérieures *déterminent* essentiellement le sort psychique des complexes de sensations qui se produisent à nouveau ; elles s'y *mêlent* insensiblement, s'attachent à la sensation et s'y fixent en la *développant :* nous les nommons *représentations.* Ces représentations ne se distinguent des sensations que par leur force moindre, par leur fugacité et leur variabilité plus

Digitized by Google

grandes, et par la façon dont elles se rattachent les unes aux autres (association). Elles *ne* constituent *pas* une autre espèce d'éléments en regard des sensations, mais elles paraissent être de même nature qu'elles.

A première vue, les *sentiments*, les *affections*, les *dispositions* : amour, haine, colère, crainte, abattement, tristesse, gaieté, etc., paraissent offrir de nouveaux éléments. Mais, si nous approfondissons l'étude de ces états, nous y trouvons des sensations moins analysées, liées, à l'intérieur de U, à des éléments de l'espace moins bien définis, diffus et mal localisés ; elles caractérisent une certaine tendance qu'a notre corps à réagir dans une *direction* déterminée, tendance qui nous est connue par expérience, et qui, quand son intensité est suffisante, se manifeste par des mouvements d'attaque ou de fuite. Notre réaction tend-t-elle vers un but connu auparavant par un mouvement d'attaque ou de défense conscient, et déterminé par un complexe de sensations, nous dirons que nous avons affaire à un *acte volontaire*. Si je parle d'aller faire mon *cours*, si on m'annonce la visite d'un *savant étranger*, si un homme est désigné comme *juste*, je ne puis vraiment pas considérer les mots en italiques comme un complexe *déterminé* de sensations ou de représentations ; mais ces mots ont acquis, par un usage multiple et varié, la propriété de décrire et de *limiter* les complexes correspondants, de telle sorte que, en tous cas, ma conduite, mon *mode de réaction* vis-à-vis de ces

Digitized by Google

complexes est par là-même déterminé. Des paroles qui ne pourraient absolument désigner aucun complexe de faits sensibles seraient tout à fait incompréhensibles et n'auraient aucun sens. Ainsi, quand j'emploie les mots rouge, vert, rose, la représentation correspondante a déjà un rôle considérable. Dans les concepts cités plus haut, ce rôle devient plus étendu ; il le devient bien plus encore dans *les concepts scientifiques*. En même temps, dans ces concepts, la limitation qui détermine notre mode de réaction, à l'égard des complexes correspondants, gagne en *précision*. La pensée vulgaire nous fait passer, d'une façon tout à fait *continue*, des représentations sensibles les plus déterminées à la pensée scientifique la plus abstraite. Ce développement même, qui rend possible l'usage de la parole, est d'abord purement instinctif, et il ne trouve son plein effet que lors de l'application méthodique et consciente de la définition du concept scientifique et de la terminologie, qui sert à le désigner. La continuité, entre la représentation individuelle et le concept, et la présence de sensations à la base de toute vie psychique ne sont douteuses pour personne, malgré la grande distance qui sépare apparemment le concept de la représentation sensible concrète.

Il n'y a donc pas de sentiments, de volontés et de pensées *isolés*. La sensation, qui est à la fois physique et psychique, forme la base de toute vie psychique; et constamment, les sensations sont plus ou moins *actives* pour déclancher, *immédiatement*

Digitized by Google

chez les animaux inférieurs, par l'intermédiaire du cerveau chez les animaux supérieurs, les réactions les plus variées du corps.

La pure introspection néglige absolument le corps et, par là, l'ensemble du physique dont il constitue une partie inséparable : elle ne peut servir de base à une psychologie suffisante. Considérons donc la vie organique et, en particulier, la vie animale comme un tout, et étudions-là tantôt au point de vue physique, tantôt au point de vue psychique. Choisissons des exemples où cette vie se manifeste sous des formes particulièrement simples.

Le papillon que ses ailes resplendissantes portent de fleur en fleur, l'abeille qui ramène à sa ruche le miel qu'elle a rassemblé avec zèle, nous offrent des images familières d'actions réfléchies et prudentes. Nous sentons que ces petits êtres nous ressemblent. Mais nous pouvons voir aussi le papillon se brûler en retournant toujours à la flamme, nous pouvons observer que l'abeille se précipite constamment en bourdonnant contre la vitre d'une fenêtre à demi-ouverte et nous la mettons dans un embarras désespéré, en déplaçant légèrement la porte de sa ruche.

Ces deux traits *opposés* de la vie animale, nous les trouvons *tous deux* manifestement exprimés dans notre *propre* nature. Les pupilles de nos yeux se rétrécissent machinalement à une lumière plus vive, et s'élargissent de même régulièrement selon le degré de l'obscurité, à notre insu et sans que nous le voulions, tout comme les fonction

Digitized by Google

de digestion, de nutrition et de croissance s'accomplissent sans que nous y participions d'une façon consciente. Au contraire, si nous *nous souvenons* que le mètre, dont nous avons besoin pour le moment, se trouve dans le tiroir de la table, notre bras qui s'étend et ouvre ce tiroir, semble n'obéir, sans impulsions *extérieures*, qu'à notre *commandement* bien délibéré. Pourtant, la main qui s'est brûlée par hasard, le pied dont on chatouille la plante, se retirent, sans réflexion ni préméditation, même pendant le sommeil, et même chez un individu paralysé. Dans le mouvement des paupières, qui se ferment involontairement à l'approche soudaine d'un objet, et qui peuvent aussi se fermer et s'ouvrir volontairement, comme dans un nombre très considérable d'autres mouvements, ceux de la respiration et de la marche par exemple, *ces deux* traits caractéristiques s'échangent et se mêlent incessamment.

L'observation exacte faite sur nous-mêmes des processus que nous appelons délibération, décision, *volonté*, nous fait connaître un simple *état de faits*. Un événement sensible nous rappelle de multiples souvenirs : c'est, par exemple, la rencontre d'un ami qui nous invite à lui rendre visite, à l'accompagner chez lui. Ces souvenirs se réveillent, l'un après l'autre, s'échangent et se déplacent mutuellement. Nous nous rappelons la conversation spirituelle de l'ami, nous voyons son piano dans sa chambre, et nous entendons son jeu excellent. Mais voilà qu'il nous vient à l'esprit que c'est aujourd'hui

Digitized by Google

mardi, et que ce jour-là un monsieur tracassier a l'habitude de faire visite à notre ami; nous remercions en déclinant l'invitation.

N'importe comment puisse se précipiter notre décision, dans les cas les plus simples comme les plus compliqués, les *souvenirs* efficaces influencent nos mouvements d'une manière déterminée, et provoquent les mouvements d'approche ou d'éloignement, tout comme les événements sensibles en question dont ils sont les traces. Nous ne sommes pas maîtres de *choisir les souvenirs* qui reviennent à la surface et qui remportent la victoire[1].

Dans nos *actes volontaires*, nous ne sommes pas moins automates que les organismes les plus simples. Il y a cependant chez ces automates une partie du mécanisme qui, par la vie même, éprouve constamment de petits changements : elle n'est visible que pour *nous-mêmes*, demeure cachée à l'observateur étranger, et ses rouages les plus fins peuvent même échapper à notre observation personnelle la plus attentive. Aussi est-ce une portion beaucoup moins transparente et moins claire de la vie du monde, une *relation beaucoup plus étendue* dans l'espace et le temps qui se manifeste dans nos

1. Quand on le méconnaît, une réflexion tardive amène le *repentir*, qui n'a de sens et d'importance que si dans l'avenir se répètent les mêmes situations, ou des situations semblables. Et là l'expiation ne sert à rien, seul le changement d'opinion est utile. La question de liberté et de responsabilité ne peut s'y rattacher que si l'individu a un développement psychique suffisant pour que, quand il prend ses décisions, il ait en vue les conséquences de ses actes pour lui et pour les autres.

Digitized by Google

actions volontaires, et c'est *pour cela* qu'elles ne nous paraissent pas susceptibles d'être soumises au calcul. Les organes des animaux inférieurs réagissent d'une façon relativement plus régulière et plus simple aux excitations. Toutes les circonstances qui entrent en jeu paraissent presque rassemblées en un seul point de l'espace et du temps, et l'on a très facilement ici l'impression d'automatisme. Pourtant, si l'on observe *avec plus de soin,* on découvre ici encore des différences *individuelles*, les unes *innées*, les autres *acquises*. On constate de grandes différences dans la mémoire des animaux qui n'appartiennent pas au même genre ou à la même espèce. Les différences sont plus faibles entre individus de même espèce.

Le fait que nous autres hommes sommes portés à nous considérer comme quelque chose de si complètement différent des animaux, dont l'organisation est la plus simple, provient uniquement de la complication et de la variété des manifestations de notre vie psychique par opposition à celle de ces animaux. La mouche, dont les mouvements paraissent déterminés et guidés immédiatement par la lumière, l'ombre, l'odeur, etc., se repose toujours à la même place du visage après qu'on l'a chassée dix fois. Elle ne *peut* s'arrêter avant de tomber frappée sur le sol. Le mendiant, en quête du sou qui doit assurer sa vie quotidienne, dérange avec insistance le bourgeois sans souci et inerte dans son repos, jusqu'à ce qu'on le chasse avec une in-

Digitized by Google

jure violente : ce ne sont tous les deux que des automates un peu moins simples.

Ce qui est bien déterminé, régulier, automatique, est le trait fondamental de la conduite des animaux et des hommes; mais, dans les deux cas, nous l'observons à des degrés si différents de complication et d'évolution que nous pouvons croire à deux ordres de motifs tout à fait distincts. Pour comprendre notre propre nature, il importe beaucoup que nous poursuivions ce caractère *déterministe* aussi loin que nous le pourrons. La constatation d'une *absence de règle* n'est, en effet, intéressante, ni pratiquement, ni scientifiquement. Le progrès et la lumière ne se manifestent que dans la découverte d'une *loi*, pour des choses qu'auparavant on croyait dénuées de toute règle. L'hypothèse d'une âme, agissant librement et sans loi, sera toujours difficile à réfuter parce que l'expérience montrera toujours un reste de faits non expliqués. Mais l'âme libre envisagée comme hypothèse *scientifique*, et toutes les études faites dans ce sens sont, à mon avis, des absurdités *méthodologiques*.

Il y a chez les hommes quelque chose qui nous apparaît spécialement comme libre, arbitraire et pouvant être soumis au calcul : c'est un voile léger qui flotte comme un souffle, comme un brouillard, et nous cache l'automatisme. Nous voyons les hommes, pour ainsi dire, de trop près. L'image est surchargée d'un trop grand nombre de détails embarrassants et qui ne s'expliquent pas immédiatement. Si nous pouvions observer les hommes de plus loin,

Digitized by Google

à vol d'oiseau, de la lune, les plus fins détails disparaîtraient avec les influences tenant aux souvenirs individuels, et nous ne verrions que des hommes qui, très régulièrement, grandissent, se nourrissent et se reproduisent. Mais nous avons à notre disposition une méthode d'observation qui efface et ignore *à dessein* ce qui est individuel pour ne s'attacher qu'aux circonstances les plus essentielles, à celles dont la dépendance mutuelle est la plus forte : c'est la *statistique*. En fait, les actes libres des hommes s'y montrent d'une régularité aussi bien déterminée que n'importe quel phénomène végétatif ou mécanique pour lequel personne ne pense jamais à une influence psychique, à l'influence d'une volonté. Le nombre des mariages et des suicides annuels dans un pays varie aussi peu, ou même moins que le nombre des naissances et des décès naturels. Et cependant, pour les premiers la volonté intervient beaucoup, et pour les derniers, pas du tout. Mais si, parmi tous les éléments intervenant dans ces phénomènes pris en masse, il y en avait *un seul qui ne fut pas soumis à une règle*, il n'y aurait plus alors de règle générale visible dans l'ensemble des cas.

On a toujours et partout cherché à figurer des êtres vivants par des automates et des machines, et on s'est efforcé de les expliquer de la sorte, au moins en partie. Citons seulement la colombe volante d'Archytas de Tarente et les canards de Vaucanson. Mais l'*intelligence ne* peut *pas* être remplacée de cette façon simple et mécanique.

Digitized by Google

Les êtres vivants sont des automates sur lesquels tout le *passé* a exercé une influence; ils *se modifient* encore continuellement au cours du temps, naissent d'autres êtres auxquels ils sont semblables et peuvent à leur tour en engendrer de pareils.

C'est une tendance naturelle de chercher à imiter, à reproduire ce que l'on a compris. Le succès de l'entreprise donne la *mesure* dans laquelle on avait compris. Si nous considérons l'avantage que la fabrication moderne des machines a tiré de la construction des automates, si nous considérons les machines à calculer, les appareils de contrôle, les distributeurs automatiques, nous sommes en droit d'attendre des progrès plus considérables encore.

A notre point de vue, nous n'avons aucune raison de nous occuper davantage de l'opposition entre le physique et le psychique. Seule peut nous intéresser la connaissance de la dépendance *mutuelle* des *éléments*. Que cette dépendance soit *fixe*, bien que compliquée et difficile à découvrir, notre raison nous la fait supposer *à l'avance* au début de notre étude. Toute l'expérience antérieure à nous, nous pousse à faire cette supposition; tous les nouveaux résultats de la science la *corroborent;* cela ressortira d'ailleurs encore plus nettement des études de détails qui vont suivre.

Digitized by Google

CHAPITRE III

Mémoire, reproduction et association

Un fait sensible, formé des éléments A, B, C, D, évoque le souvenir d'un fait sensible antérieur, formé des éléments A, K, L, M, c'est-à-dire que ce dernier fait est *reproduit*. Puisque, en général, cela n'entraîne *pas* la reproduction de K, L, M, par B, C, D, nous pensons naturellement que cette reproduction est amenée par l'élément commun A et dérive de lui. A la reproduction de A se rattache et s'associe celle des éléments K, L, M, *simultanément* (contiguïté dans le temps) offerts à nos sens auparavant, soit directement avec A, soit avec d'autres éléments déjà reproduits. Cette unique loi de l'*association* intervient toujours.

L'association a une grande importance biologique. C'est sur elle que reposent toutes les adaptations psychiques du milieu, toutes les expériences vulgaires, et même toutes les expériences scientifiques. Si le milieu où vivent des êtres ne se composait pas de parties demeurant au moins à peu près

Digitized by Google

constantes, ou bien ne se laissait pas décomposer en éléments qui se répètent périodiquement, l'expérience serait impossible, et l'association inutile. C'est seulement parce que un bruit, toujours le même, annonce à l'avance l'approche de l'ennemi ou la fuite de la proie, que la représentation associée peut servir à provoquer les mouvements correspondants de fuite ou d'attaque. Une stabilité approximative rend l'expérience possible et inversement, si l'expérience est réellement possible, nous pouvons conclure à la stabilité du milieu. Le *succès* justifie notre hypothèse de la stabilité, introduite *méthodiquement* pour édifier la *science*.

L'enfant nouveau-né est, comme un animal d'organisation inférieure, réduit à ses mouvements réflexes. D'une façon innée, il a l'instinct de téter, de crier quand il a besoin d'aide, etc. En grandissant, il acquiert les premières et les plus simples expériences par association, comme les animaux supérieurs. Il apprend à éviter comme douloureux le contact de la flamme et le choc d'un corps dur; il apprend à rattacher l'idée de saveur à la pomme qu'il voit, etc. Mais bientôt, par la richesse et la finesse de son expérience, il laisse tous les animaux loin derrière lui.

Il est très instructif d'observer la formation des associations sur de jeunes animaux, comme C. L. Morgan l'a fait systématiquement sur de petits poussins et canetons éclos dans une couveuse. Quelques heures après l'éclosion, les poussins sont déjà doués de mouvements réflexes convenablement ap-

Digitized by Google

propriés. Ils courent, becquètent les objets qu'on leur offre et les atteignent avec sûreté. On voit même de petits perdreaux se sauver couverts encore en partie de la coquille de l'œuf. Au début, les petits poussins becquetaient tout, les caractères imprimés sur une feuille de papier, leurs propres pattes, leurs propres excréments. Mais dans ce dernier cas, le poussin rejetait aussitôt l'objet de goût mauvais, secouait la tête et nettoyait son bec en l'aiguisant sur le sol. L'animal agissait de même quand il avait saisi une abeille ou une chenille de goût désagréable. Mais il cessait bientôt de becqueter les objets qui ne lui étaient pas utiles. Les poussins ne font pas attention à un vase qui contient de l'eau, mais ils y boivent dès que, par hasard, en courant, ils y ont mis les pattes.

Les façons d'agir des poulets et des canards sont innées chez les jeunes animaux; ils les mettent en pratique sans aucun enseignement. Elles sont préparées par le mécanisme des mouvements, et il en est de même des cris. On distingue chez les poussins le cri du bien-être, quand ils se blottissent frileusement dans la main qu'on leur tend, le cri de l'effroi à la vue d'un gros scarabée noir, le cri de la solitude, etc. Chez ces animaux, l'établissement de certaines associations est mécaniquement préparé et inné, il peut être grandement favorisé et facilité par une disposition anatomique; néanmoins *les associations elles-mêmes ne sont pas innées, mais doivent être acquises par expérience personnelle.*

Pour que ceci soit tout à fait exact, il faut n'appli-

Digitized by Google

quer le terme d'« association » qu'à des représentations (conscientes). Si nous entendons par là, dans un sens plus large, qu'un phénomène organique en provoque un autre, qui a déjà eu lieu en même temps, la limite entre ce qui est inné (héréditaire) et ce qui est acquis par l'individu sera très difficile à tracer, et c'est bien ainsi qu'il faut que cela se passe pour que les acquisitions de l'espèce puissent être augmentées ou modifiées par l'individu.

De petits poussins élevés dans la couveuse ne font pas attention au gloussement de la poule et ne craignent ni le chat ni la buse. S'il est vrai que de tout petits chats encore aveugles félissent réellement, quand ils sont saisis par une main qui vient de caresser un chien, il faut tenir cette manifestation pour un réflexe de l'odorat. Les apparitions inaccoutumées effraient d'ailleurs facilement de jeunes animaux. Ainsi de jeunes poulets que l'on a nourris de petits vers avalent aussi de petits flocons de laine, mais restent inquiets devant un gros flocon. Chez beaucoup d'animaux, la crainte de ce qui est inaccoutumé et surprenant paraît même être un des principaux moyens de défense.

Chez les animaux très développés on peut percevoir d'une façon plus frappante encore la formation des associations, et en constater en même temps la solidité.

Je vis une fois un jeune chien de chasse de mon père fouiller furieusement une fourmillière, mais aussitôt frotter d'une façon désespérée son museau sensible avec ses pattes. A partir de ce jour, il res-

Digitized by Google

pecta soigneusement le domicile des fourmis. Une autre fois, comme son empressement exagéré, importun et persistant troublait mon travail, je fis claquer avec grand bruit un livre devant son nez. Il se retira effrayé, et depuis lors, il me suffisait de saisir un livre pour faire cesser toute importunité. A en juger par le jeu de ses muscles pendant son sommeil, ce chien devait avoir une imagination très vive lorsqu'il rêvait. Une fois qu'il dormait tranquillement, je lui mis sous le nez un petit morceau de viande : au bout d'un instant commençait un jeu très actif des ailes du nez. Une demi-minute plus tard, le chien s'éveillait, happait le morceau et se rendormait tranquillement.

Je pus me convaincre aussi de la persistance des associations chez le chien. Rentrant sans être attendu à la maison paternelle, dans l'obscurité de la nuit et après neuf ans d'absence, je fus reçu par le chien avec un aboiement furieux; mais un seul appel me suffit pour obtenir de suite l'accueil le plus amical. Après cela, je ne tiens pas pour une exagération poétique l'histoire du chien d'Ulysse.

On ne saurait exagérer l'importance qu'a pour le développement psychique la comparaison d'un fait sensible A, B, C, D avec un autre fait sensible A. K, L, M, reproduit mentalement. Ces différentes lettres peuvent d'abord indiquer des complexes entiers d'éléments. A sera, par exemple, un corps que nous avons une fois rencontré avec B, C, D, et que nous trouvons maintenant avec K, L, M, un corps qui se déplace sur un certain fond et qui par là même est

Digitized by Google

reconnu comme une combinaison particulière relativement *indépendante*. Donnons maintenant aux différentes lettres la signification d'éléments différents (sensations). Nous apprenons alors à les connaître comme des parties autonomes constitutives de nos impressions. L'orangé A ne se trouve pas seulement dans une orange, il se trouve aussi dans un morceau d'étoffe, une fleur ou un minéral, c'est-à-dire dans des complexes *différents*. D'ailleurs, tout comme l'*analyse*, la *combinaison*, elle aussi, repose sur l'association : A sera par exemple l'aspect visuel d'une orange ou d'une rose, et K signifiera, dans le complexe *reproduit*, la saveur de l'orange ou le parfum de la rose. Nous associons aussitôt à l'image visuelle *nouvelle*, les propriétés déjà éprouvées *auparavant*.

Les représentations que nous avons des choses de notre entourage ne correspondent donc pas exactement aux impressions actuelles ; elles sont, en général, beaucoup plus riches. Il y a des faisceaux de représentations associées qui proviennent de faits antérieurs, s'entre-mêlent aux sensations actuelles et déterminent notre conduite beaucoup plus largement que ces dernières seules ne pourraient le faire. Nous ne voyons pas seulement une boule orange, mais nous croyons percevoir un corps mou, parfumé, rafraîchissant et de saveur acide. C'est pour cela que nous pouvons, à l'occasion, être trompés par une boule de bois jaune. Avec la durée de notre vie, augmentent la multiplicité et la richesse de notre expérience sensible, ainsi

Digitized by Google

que le nombre et la variété des liaisons associatives. Et par là se produisent à la fois une décomposition progressive de cette expérience en ses éléments constitutifs et une formation progressive de nouvelles synthèses à partir de ces éléments. Quand la vie intellectuelle est formée, nous pouvons aussi retenir, comme des faits sensibles, des *complexes de représentations* associés entre eux et se reproduisant mutuellement. Dans les complexes de représentations eux-mêmes, interviennent de nouvelles analyses et de nouvelles synthèses, comme nous le montrent tous les romans et tous les travaux scientifiques, et comme tout penseur peut l'observer sur lui-même.

Bien que l'on ne puisse trouver qu'*un seul* principe de reproduction et d'association, le principe de *simultanéité*, le cours des idées prend néanmoins, dans divers cas, un caractère très différent. Pendant la vie, la plupart des représentations se sont associées à beaucoup d'autres, et ces associations, orientées dans diverses directions, interfèrent et s'affaiblissent réciproquement. Peut-on dire où et quand on a employé, vu employer ou appris à connaître une lettre déterminée, un mot, un concept, une façon de calculer ? Plus on les a employés souvent, et plus on est familiarisé avec eux, moins on est en état de répondre. Le mot Schmidt est, même avec cette orthographe définie, lié de tant de façons aux spécialités et aux professions les plus variées, qu'il ne peut évoquer aucune association. Selon la direction actuelle de

Digitized by Google

mes pensées, selon la nature actuelle de mon travail, il peut me rappeler un philosophe, un zoologiste, un historien, un archéologue, un constructeur de machines, etc. On peut même observer cela pour des noms très rares. Il m'est souvent arrivé de passer près d'une affiche d'extrait de viande *Maggi* et pourtant de ne songer qu'*une seule fois* à l'auteur de même nom d'un livre de mécanique intéressant pour moi : je pensais alors à la physique. De même, la couleur bleue d'une étoffe pourra à elle seule ne rien suggérer à un adulte, tandis qu'elle rappellera peut-être à l'enfant le bluet qu'il a cueilli hier. Le nom de *Paris* peut me remettre en esprit les collections du Louvre, les physiciens et les mathématiciens célèbres de cette ville, ou encore ses fins restaurants, selon mes dispositions actuelles.

Considérons maintenant quelques types du cours des idées. Si, sans plan, ni but, tout à fait à l'abri des dérangements extérieurs, par exemple par une nuit d'insomnie, je me laisse aller tout entier à mes pensées, j'arrive à tout embrouiller. Des situations tragiques et comiques, ressouvenirs ou inventions, alternent avec des idées scientifiques et des plans de travail, et il serait bien difficile de déterminer les petites contingences qui ont déterminé cette « *libre imagination* ». Les idées ne se succèdent guère autrement lorsque deux ou plusieurs personnes causent ensemble, sans contrainte, sauf qu'ici les pensées de plusieurs individus s'influencent réciproquement. Les sauts

Digitized by Google

étonnants et les retours de la conversation amènent souvent avec surprise la question : mais comment en sommes-nous venus *là* ? La fixation des pensées par des paroles exprimées à haute voix et la présence de plusieurs observateurs facilitent ici la réponse, qui ne fait que rarement défaut.

En rêve, les idées prennent les chemins les plus surprenants. Mais le fil de l'association est dans ce cas tout particulièrement difficile à suivre, en partie parce que les souvenirs que laisse le rêve sont incomplets, en partie aussi, parce que les légères sensations du dormeur sont souvent une cause de trouble.

Des situations vécues, des formes vues, des mélodies entendues en rêve offrent souvent des bases très importantes à la création artistique ; mais le savant ne peut rattacher ses pensées à des rêves que dans des cas extrêmement rares.

La solution d'un logogriphe ou d'une énigme, celle d'un problème de construction géométrique ou technique, celle d'une question scientifique ou bien encore l'exécution d'un projet artistique exigent un mouvement d'idées, fait dans un but déterminé. On *cherche* là quelque chose de *nouveau*, quelque chose qui, pour le moment, n'est encore que partiellement connu. Ce mouvement d'idées, qui ne perd jamais de vue le but plus ou moins défini, est ce que nous appelons *réflexion*. S'il y a devant moi une personne qui me propose une énigme ou un problème, ou si je suis assis à mon bureau, sur lequel je vois des traces de mes

Digitized by Google

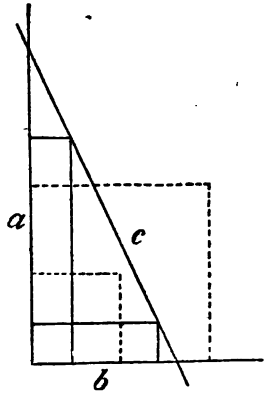
travaux en cours, par là-même s'impose à moi un ensemble de sensations qui ramènent toujours mes pensées vers le but et les empêchent de vagabonder au hasard. En soi, cette limitation extérieure des pensées n'est pas à négliger. Si, occupé à un travail scientifique, je finis par céder à la fatigue et je m'endors, ce guide extérieur, qui me pousse vers le but, me manque aussitôt; mes idées se dispersent et abandonnent la route convenable. C'est bien pour cela que l'on trouve si rarement en rêve la solution des problèmes scientifiques. Mais si l'intérêt involontaire, qui s'attache à la solution d'une question, est suffisamment intense, ces guides extérieurs sont tout à fait inutiles. Toutes les pensées, toutes les observations ramènent naturellement au but, parfois même pendant le rêve.

Quand on réfléchit, l'idée qu'on cherche doit remplir certaines conditions. Elle doit résoudre une énigme ou un problème, rendre possible une construction. Les conditions à remplir sont connues, l'idée qui les remplit ne l'est pas.

Pour expliquer le mode de mouvement des pensées qui mène à trouver ce qu'on cherche, prenons l'exemple d'une construction géométrique simple. La forme du processus est, en effet, la même dans tous les cas que nous envisageons ici, et il nous suffira d'*un seul* exemple pour les faire comprendre tous : soient deux droites rectangulaires *a b*, coupées obliquement par une troisième *c*; dans le triangle ainsi constitué, on propose d'inscrire un carré, dont deux sommets se trouvent

Digitized by Google

respectivement sur *a* et sur *b*, dont le troisième soit au point de rencontre de *a* et *b* et, le quatrième, sur *c*. Nous *cherchons* à nous imaginer en place des carrés qui remplissent ces conditions. Si nous



prenons un carré quelconque, ayant un sommet au point de rencontre de *a* et *b*, et deux côtés, dirigés respectivement suivant *a* et suivant *b*, trois sommets satisfont immédiatement aux conditions énoncées. Le quatrième sommet ne tombe pas exactement sur *c*, il est en dehors ou en dedans du triangle en question. Si, par contre, on prend arbitrairement un sommet sur *c*, et si l'on complète un rectangle en abaissant de ce point des perpendiculaires sur *a* et *b*, le rectangle qu'on obtient n'est, en général, pas un carré. Mais on voit que l'on peut passer d'un rectangle à grands côtés ver-

Digitized by Google

ticaux à un rectangle à grands côtés horizontaux, en faisant varier la position du sommet pris sur *c*, et que, dans l'intervalle, il doit se trouver un rectangle dont les côtés sont égaux. On peut ainsi, dans la série des *rectangles* inscrits, chercher le carré avec toute l'approximation désirée. Il y a un autre moyen. Si on part d'un carré, dont le quatrième sommet soit à l'intérieur du triangle, et si on imagine qu'il grandisse jusqu'à ce que ce sommet tombe à l'extérieur, il faut bien qu'à un certain moment, ce sommet se soit trouvé sur la droite *c*. Et on pourrait chercher, avec toute l'approximation désirable, dans la série des carrés, celui qui est de la grandeur voulue. Ces essais et ces tâtonnements précèdent naturellement la solution complète. La pensée vulgaire peut se contenter d'une solution approchée, suffisante dans la pratique. Mais la science exige la solution la plus courte, la plus générale et la plus claire. Nous obtenons cette solution, en partant de la considération des rectangles et des carrés, et *en nous souvenant* que tous les carrés inscrits ont pour diagonale commune la bissectrice de l'angle formé par les droites *a* et *b* : nous pouvons immédiatement compléter le carré cherché, à partir du point de rencontre de la bissectrice avec la droite *c*.

Si simple que soit cet exemple, choisi à dessein, il met cependant en pleine lumière ce qui est essentiel dans toute solution de problème, l'*expérimentation avec des pensées*, *avec des souvenirs*, et montre clairement l'identité qui existe entre la

Digitized by Google

solution d'un problème et la solution d'une énigme. L'énigme est résolue par une représentation possédant des propriétés correspondantes aux conditions *A*, *B*, *C*... L'*association* nous fournit des séries de représentations pour la propriété *A*, pour la propriété *B*, etc. L'élément (ou les éléments) appartenant à *toutes* les séries, où toutes ces séries *se croisent*, est la solution du problème. Voilà le type du processus de représentations qu'on appelle *réflexion*.

Ce qui précède met hors de doute l'importance que présentent pour toute la vie psychique les traces des souvenirs de faits sensibles que l'on peut reproduire et associer, et montre en même temps que les recherches psychologiques et physiologiques ne peuvent être séparées l'une de l'autre, puisque, déja dans les *éléments* de la vie, le physique et le psychique sont unis de la manière la plus étroite.

La possibilité de reproduire et d'associer des idées forme aussi la base de la *conscience*. On aurait quelque peine à nommer conscience l'existence ininterrompue d'une impression invariable. Hobbes disait déjà : *Sentire semper idem et non sentire ad idem recidunt*. On ne peut voir non plus ce qu'ajouterait l'hypothèse d'une énergie spéciale différente de toutes les autres énergies physiques, « l'energie de la conscience ». Cette supposition serait inutile et sans rôle en physique, et ne ferait pas mieux comprendre quoique ce soit en psychologie. La conscience n'est pas une *qualité particulière* (psychique), ou une classe de qualités qui se

Digitized by Google

distinguent des qualités physiques; elle n'est pas non plus une qualité particulière qui doive s'ajouter aux qualités physiques pour rendre conscient ce qui ne l'est pas. L'introspection, aussi bien que l'observation d'autres êtres vivants auxquels nous devons attribuer une conscience analogue à la nôtre, nous apprend que la conscience a ses racines dans la *reproduction* et l'*association*, et que le niveau de la conscience va de pair avec la richesse, la facilité, la rapidité, la vivacité et l'ordonnance de ces fonctions. La conscience ne consiste pas dans une qualité spéciale, mais dans une *liaison spéciale* de qualités données. Il ne faut pas chercher à expliquer la sensation. Elle est quelque chose de si simple et de si fondamental qu'on ne peut réussir au moins aujourd'hui, à la ramener à quelque chose de plus simple encore. La sensation isolée n'est d'ailleurs ni consciente ni inconsciente. Elle devient consciente, quand elle prend sa place dans les événements du présent.

Tout trouble de la reproduction et de l'association est un trouble de la conscience, et celle-ci peut présenter tous les degrés, depuis la clarté parfaite jusqu'à l'inconscience absolue de l'individu qui dort sans rêves, ou qui est tombé en faiblesse. Tout trouble temporaire ou durable de la coordination des fonctions cérébrales est en même temps un trouble temporaire ou durable de la conscience. Des faits empruntés à l'anatomie comparée, à la physiologie, à la psychopathologie, nous forcent à admettre que l'intégrité *des hémisphères cérébraux*

Digitized by Google

est la condition nécessaire de l'intégrité de la conscience. Diverses régions *de l'écorce cérébrale*, reçoivent et gardent les traces de diverses excitations sensorielles; il y a des régions déterminées pour les sensations visuelles, d'autres pour les sensations acoustiques, d'autres pour les sensations tactiles, etc. Ces différents champs corticaux sont reliés entre eux d'une façon multiple par les *fibres d'association*. Tout arrêt dans les fonctions d'une région quelconque de l'écorce cérébrale, et toute rupture d'une liaison entraîne des troubles psychiques.

Par exemple, l'idée d'orange est extraordinairement compliquée. Forme, couleur, saveur, parfum, consistance, etc., y sont étroitement unis d'une façon particulière. Si j'entends le *nom* « orange », la succession de ces sensations acoustiques amène comme au bout d'un fil le faisceau de ces représentations. Ajoutez-y que le mot entendu appelle le souvenir des sensations que l'on éprouve en le prononçant, le souvenir des mouvements que l'on fait pour l'écrire, et l'image visuelle du mot écrit ou imprimé. S'il y a aussi dans le cerveau, un champ spécial optique, un champ spécial acoustique, un champ spécial tactile, des phénomènes particuliers doivent entrer en scène quand un de ces champs est exclu, que sa fonction est supprimée, qu'il n'est plus associé aux autres champs. En fait, on a observé de tels phénomènes. Si le champ optique ou acoustique fonctionne encore, tandis que ses liaisons associatives avec d'autres champs importants sont supprimées, il se produit une « cécité psychique »

Digitized by Google

ou une « surdité psychique » que Munk a observées chez des chiens après des opérations portant sur le cerveau. Ces chiens *voient* mais ne *comprennent* plus ce qu'ils voient; ils ne reconnaissent plus l'écuelle, le fouet, le geste qui les menace. Dans le cas de « surdité psychique », le chien *entend*, mais ne reconnaît plus l'appel familier, ne le *comprend* pas. Les observations des physiologistes sont confirmées ou complétées par celles des psychopathologistes. L'étude des troubles du langage est sur ce point particulièrement féconde. La signification d'un mot consiste dans la masse des associations que ce mot éveille, et son emploi correct repose inversement sur la présence de ces associations. Des troubles apportés à ces associations doivent se manifester ici d'une façon frappante. Broca a reconnu l'importance du tiers postérieur de la troisième circonvolution frontale gauche pour le langage articulé; le langage est perdu dans tous les cas où cette partie du cerveau est lésée. L'aphasie peut encore être causée par un grand nombre de lésions différentes. Le malade se souvient par exemple des mots en tant qu'images sonores, il peut les écrire et ne peut les prononcer malgré la mobilité de la langue, des lèvres, etc.; l'image *motrice* du mot manque et n'est pas là pour déclancher les mouvements convenables. Les *images* optiques ou motrices de l'*écriture* peuvent manquer aussi (agraphie). Il peut arriver aussi que le mot prononcé ou écrit ne soit pas compris et n'éveille aucune association : c'est ce qu'on a nommé *surdité verbale* ou *cécité*

Digitized by Google

verbale. Lordat a observé sur lui-même ce cas de surdité et de cécité verbales ; il a pu en rendre compte après sa guérison. Il décrit avec émotion l'instant où, après de longues et tristes semaines, il regardait dans sa bibliothèque les mots « Hippocratis opera » sur le dos d'un livre et où il put de nouveau les lire et les comprendre. D'après cette énumération sommaire, incomplète et trop brève. il est déjà possible de se figurer combien de voies de communication peuvent intervenir ici entre les champs sensoriels et moteurs. Des troubles du langage de moindre importance, tels que les lapsus de la parole et de l'écriture, apparaissent à la suite d'une fatigue ou d'une distraction momentanées, même chez des hommes tout à fait sains.

Voici encore un cas de perte de la mémoire visuelle qui n'est pas moins remarquable. Une dame tombe subitement, puis on la prend pour une aveugle parce qu'elle ne reconnait personne dans son entourage. Mais, en dehors d'une diminution du champ visuel qui s'améliore peu à peu, l'accident ne laisse comme trace que la perte de la mémoire visuelle, dont la patiente est parfaitement consciente. Elle fait cette remarque caractéristique : « Si j'en juge par mon état, l'homme voit plus avec le cerveau qu'avec l'œil ; l'œil n'est que le moyen de voir ; car je vois tout clairement et distinctement, mais je ne reconnais pas ce que je vois, et je ne sais pas ce que ce peut être ».

D'après les faits rapportés ci-dessus, on doit dire qu'il n'y a pas une seule mémoire, mais que

Digitized by Google

la mémoire se compose d'un grand nombre de mémoires partielles, qui sont distinctes l'une de l'autre et peuvent se perdre isolément. A ces mémoires partielles correspondent diverses parties du cerveau, dont quelques-unes sont déjà aujourd'hui déterminées avec une certaine précision.

Les amnésies périodiquement variables sont remarquables au plus haut point. Après un long sommeil, une femme a oublié tout ce qu'elle avait appris. Il faut qu'elle réapprenne à lire, à écrire et à connaître son entourage. Quelques mois plus tard, elle retombe dans un profond sommeil. Réveillée, elle se retrouve en possession de ses souvenirs de jeunesse, comme avant le premier sommeil ; mais elle a oublié tout ce qui s'est passé entre ses deux crises de sommeil. A partir de là, les deux états de conscience et de mémoire alternent périodiquement tous les quatre ans. Il faut que les personnes qu'elle doit connaître d'une façon durable lui soient présentées dans les deux états.

A l'état de veille, on se rappelle très difficilement des rêves, même frappants, tandis que, inversement, pendant le rêve, les circonstances qui accompagnent l'état de veille nous échappent la plupart du temps tout à fait. Par contre, les mêmes situations se répètent souvent en rêve. Il y a un passage continu de la séparation tranchée des différents états de conscience jusqu'à l'effacement presque complet de leurs limites.

En somme, si, avec Hering, on attribue aux organismes la propriété de s'adapter de mieux en

Digitized by Google

mieux aux circonstances qui se répètent, on reconnaît que ce que nous appelons habituellement mémoire est une manifestation partielle d'un phénomène organique *général*. C'est l'adaptation à des phénomènes périodiques, en tant qu'elle tombe dans le domaine de la conscience. Hérédité, instinct, etc., peuvent alors être considérés comme une mémoire dépassant l'individu.

Digitized by Google

CHAPITRE IV

Réflexe, Instinct, Volonté, Moi

Avant de poursuivre nos considérations psychophysiologiques, remarquons qu'aucune des sciences particulières, dont nous avons besoin, n'a atteint le degré de développement désirable pour servir de base *sûre* aux autres sciences. La psychologie d'observation doit s'appuyer sur la physiologie ou la biologie. Mais, pour le moment, cette dernière ne peut être expliquée que très imparfaitement par la physique et la chimie. Dans ces conditions, nous devons regarder toutes nos considérations comme provisoires, et leurs résultats comme problématiques, et devant être corrigés de maintes façons par des recherches ultérieures.

La Vie consiste en phénomènes qui se *continuent* effectivement, se *répètent* de proche en proche et *s'étendent*, c'est-à-dire englobent successivement des quantités de « matière » de plus en plus grandes. Les phénomènes de la vie ressemblent ainsi à une *combustion;* bien qu'ils ne soient pas

Digitized by Google

aussi simples que la combustion, ils ont avec elle quelque parenté. Par contre, la plupart des processus physicochimiques, s'ils ne sont point constamment éveillés à nouveau, ou entretenus dans leur marche par des circonstances extérieures spéciales, aboutissent bientôt à un état d'équilibre.

En conformité avec le caractère fondamental de l'*auto-conservation*, nous devons supposer que les parties d'un organisme plus compliqué, d'une symbiose d'organes, sont agencées pour la conservation du *tout*, autrement celle-ci ne s'en suivrait pas. Et nous ne serons pas surpris de trouver aussi cette orientation en vue de la conservation de l'organisme dans les phénomènes psychiques, qui représentent la partie des phénomènes vitaux se passant dans le cerveau et arrivant ainsi à la conscience.

Une grenouille saine, sans lésions se comporte de telle façon qu'il faut lui attribuer une certaine *intelligence* et une certaine motilité *volontaire*. Elle se meut spontanément d'une manière qu'on ne peut prévoir, échappe à son ennemi, cherche une nouvelle mare, si l'ancienne se dessèche, se sauve par un trou du réservoir où elle est prisonnière, etc. Son intelligence est d'ailleurs très limitée, si on la compare à celle de l'homme. La grenouille gobe très adroitement les mouches qui passent à sa portée. Mais, à l'occasion, elle happe aussi un morceau d'étoffe rouge ; elle répète sans succès la manœuvre pour les cornes d'un escargot, et se laissera mourir de faim plutôt que d'ac-

Digitized by Google

cepter des mouches fraîchement tuées. La conduite de la grenouille est adaptée à des circonstances de vie étroitement limitées.

Si on lui enlève le cerveau, elle ne se meut plus qu'à la suite d'excitations extérieures, autrement elle reste immobile. Elle ne happe plus les mouches ni l'étoffe rouge, elle ne réagit plus au bruit. Elle secoue simplement une mouche qui marche sur elle, et pourtant elle avale la mouche qu'on met dans sa bouche. Pour une excitation cutanée faible, elle fait un pas; une excitation plus forte la fait sauter et elle évite ainsi un obstacle qu'elle voit par conséquent. Si on attache une patte. elle réussit pourtant à éviter l'obstacle en se traînant. La grenouille sans cerveau placée sur un disque tournant horizontal, cherche à compenser la rotation qu'on lui communique. Si on la place sur une planche dont on soulève une extrémité. elle grimpe dessus pour ne pas tomber, et franchit le bord supérieur, si on continue à tourner la planche dans le même sens. Les grenouilles intactes font un saut lors de cette expérience. Ainsi, l'ablation d'une partie du cerveau réduit le domaine de ce qu'on pourrait nommer âme ou intelligence. La grenouille n'ayant plus que la moelle et placée sur le dos ne sait pas se redresser. L'*Ame*, dit Goltz, *n'est pas quelque chose de simple; elle est divisible comme les organes.*

Une grenouille sans cerveau se comporte comme un mécanisme. Goltz a montré par des recherches détaillées combien sont *nombreuses* les fonctions

Digitized by Google

vitales importantes, qui, comme l'accouplement, sont assurées par des réflexes.

Considérons maintenant d'autres êtres vivants auxquels personne n'attribue, du moins instinctivement, d'intelligence et de volonté, les plantes. Ici aussi, nous trouvons des réactions motrices adaptées à leur but et assurant la conservation de l'ensemble. Parmi celles-ci, nous remarquons d'abord que la lumière et la température déterminent pour les feuilles et les fleurs des mouvements de sommeil, et que des ébranlements produisent des mouvements d'excitation chez les plantes insectivores. Mais ces mouvements pourraient paraître exceptionnels. Au contraire, c'est une loi générale que le tronc des plantes s'accroît vers *le haut*, en sens inverse de la pesanteur, où la lumière et l'air lui rendent possible l'assimilation, tandis que la racine s'enfonce dans le sol pour y chercher l'eau et les substances qui s'y trouvent dissoutes. La façon opposée dont se comportent la tige et la racine est un exemple de *division* du travail dans l'intérêt du tout. La représentation de finalité intentionnelle doit s'effacer pour faire place à celle de circonstances physico-chimiques déterminant un fait.

Dans une série de travaux, Loeb a montré que les notions de géotropisme, héliotropisme, etc., ayant pris naissance en physiologie végétale, se laissent transporter à la physiologie animale. Naturellement, les circonstances en question se manifesteront le plus simplement et le plus claire-

Digitized by Google

ment là où les animaux vivent dans des conditions si simples qu'une vie psychique très développée ne leur est pas encore nécessaire, et, par suite, ne peut amener de complications.

Le papillon sortant de la chrysalide se dirige vers le haut, et, sur la paroi verticale qu'il choisit de préférence, s'oriente la tête en haut. De jeunes chenilles qui viennent d'éclore rampent sans tarder vers le haut. Si on veut vider une éprouvette qui contient des chenilles, il faut la tenir l'ouverture en haut, comme si elle contenait de l'hydrogène.

Il en est de même de l'héliotropisme. Pour les animaux comme pour les plantes, c'est la *direction* de la lumière qui est déterminante. Sous l'influence d'une excitation lumineuse asymétrique, l'animal modifie son orientation, et ne bouge plus dès qu'il s'est placé de manière à ce que son plan de symétrie soit parallèle à la direction de la lumière.

Sans entrer dans des détails plus étendus, remarquons que, relativement aux tropismes, il y a accord complet entre les études de J.-V. Sachs pour la physiologie végétale et celles de Loeb pour la physiologie animale.

Beaucoup de savants ne veulent voir dans les insectes que de pures machines réflexes tandis que d'autres leur attribuent une vie psychique richement douée. Ce contraste repose sur le goût ou la répulsion qu'on a pour le mysticisme : tenant pour mystique tout ce qui est psychique, on cherche autant que possible à l'éliminer ou à le conserver complètement. A notre point de vue, le psychique

Digitized by Google

n'est ni plus ni moins mystérieux que le physique, et surtout n'en est pas essentiellement différent. Nous n'avons absolument aucune raison d'être partiaux dans cette question et nous prenons une position neutre qui correspond à peu près à celle de Forel. Si nous pouvons *très souvent* tromper une araignée en touchant sa toile avec un diapason en vibration, cela prouve la *force* de son *mécanisme réflexe;* mais si enfin elle remarque la supercherie, nous ne pouvons plus lui refuser le *souvenir*. Forel prétend avoir dressé à manger hors de l'eau un dytique, qui ne mange d'ordinaire que dans l'eau. Le dytique ne peut donc être un pur automate au sens étroit et ordinaire du mot. Dans ses ouvrages, Forel a montré que les guêpes et les abeilles distinguent les couleurs et les saveurs et en gardent le souvenir.

Il n'est pas inutile de poursuivre à la fois dans le règne animal et dans le règne végétal les grands traits communs de la vie organique. Chez les plantes tout est plus simple, plus accessible à la recherche; les phénomènes s'offrent à l'observation d'une manière plus directe, et s'accomplissent *plus lentement*. Ce que nous apercevons chez l'animal comme mouvement, manifestation de l'instinct, acte volontaire, nous apparaît chez les plantes comme un phénomène de croissance faisant partie d'une suite morphologique, ou nous semble fixé sous les formes de feuilles, fleurs, fruits, semences se prêtant à une observation prolongée. La différence ne tient en grande partie qu'à la subjectivité de notre unité de

Digitized by Google

temps. Figurons-nous les mouvements lents du caméléon plus ralentis encore et, par contre, les mouvements de préhension des lianes très accélérés : la différence pour l'observateur s'effacerait très notablement entre ces deux processus, mouvements des animaux et phénomènes de croissance des plantes.

Si nous ne pouvons interpréter psychologiquement que d'une façon très limitée les phénomènes du monde végétal, nous n'en réussirons que mieux à les comprendre au point de vue physique. C'est exactement l'inverse qui nous arrive avec les animaux. Mais l'étroite parenté des deux ordres de phénomènes rend très instructif et très fécond le rapprochement de ces diverses considérations. Enfin la relation mutuelle des plantes et des animaux tant au point de vue physicochimique qu'au point de vue morphobiologique est, elle aussi, d'une inépuisable richesse de suggestion. Qu'on songe, par exemple, aux découvertes faites par Sprengel en 1787, touchant l'adaptation réciproque des fleurs et des insectes, découvertes auxquelles Darwin a donné une vie nouvelle dans son travail sur les orchidées. Voilà des êtres vivants, en apparence *indépendants* les uns des autres, qui pourtant, dans leurs manifestations vitales, sont aussi étroitement déterminés l'un par l'autre et affectés l'un à l'autre que les parties d'*un seul* animal ou *d'une seule* plante.

Les mouvements qui se reproduisent à la suite d'une excitation déterminée, sans que le cerveau

Digitized by Google

entre en jeu, sont appelés par nous *mouvements réflexes*. Ils sont préparés à l'avance par les liaisons et la disposition des organes. Les animaux accomplissent des fonctions, même très compliquées, qui semblent tendre vers un but déterminé, vers une fin dont nous ne pouvons absolument pas leur attribuer la connaissance ou la poursuite intentionnelle. Nous nommons ces fonctions instinctives. Nous ne pouvons mieux comprendre ces actions instinctives qu'en les envisageant comme une *chaîne de mouvements réflexes*, dont chaque élément est mis en jeu par le précédent. En voici un exemple simple. La grenouille saisit une mouche qui bourdonne autour d'elle et l'avale. Ici, le premier acte est évidemment déclanché par l'excitation optique ou acoustique. De ce que la grenouille, privée de cerveau et qui ne happe plus, avale pourtant la mouche dès qu'on la lui met dans la bouche, nous concluons que le mouvement de déglutition est une suite de l'acte de happer. Sous l'influence de l'intellect, un développement psychique plus élevé peut modifier l'acte instinctif ou en provoquer la répétition. Le principe de l'enchaînement des réflexes nous fera bien mieux comprendre certains actes instinctifs, même extraordinairement compliqués. Nous nous *attendrons* à voir apparaître des variations de l'instinct produites par des circonstances accidentelles, aussi bien pour l'espèce, dans le cours du temps, que pour les individus de même espèce, vivant à la même époque.

Digitized by Google

L'enfant âgé de quelques mois saisit tout ce qui frappe ses sens, et porte généralement à sa bouche ce qu'il a saisi, comme le poussin becquète tout. De même que la grenouille, il touche la place de la peau où une mouche s'est posée; seulement, le mécanisme réflexe est encore moins mûr et moins développé chez l'enfant nouveau-né que chez ces animaux.

Les mouvements involontaires de nos membres sont liés à des sensations, spécialement à des sensations optiques et tactiles, comme les phénomènes qui se passent autour de nous. Ils laissent après eux des images motrices optiques et tactiles. Ces traces de mouvements dans la mémoire se rattachent par association à d'autres sensations simultanées, agréables ou désagréables. Nous remarquons que lécher du sucre est lié à la sensation de « douceur »; toucher une flamme, nous heurter contre un corps dur ou contre notre propre corps, à celle de « douleur ». Ainsi nous accumulons des *expériences* aussi bien sur des phénomènes qui se passent autour de nous, que sur ceux qui se passent dans notre propre corps, et en particulier sur ses *mouvements*. Ces derniers phénomènes nous touchent de plus près et s'offrent à notre observation d'une façon constante : ils ont pour nous une importance prédominante et nous deviennent bientôt les plus familiers. Par action réflexe, un enfant a saisi un morceau de sucre et l'a mis dans sa bouche; une autre fois, il a touché une flamme et, toujours par action réflexe, a retiré

Digitized by Google

sa main. Quand, plus tard, l'enfant revoit le sucre ou la flamme, sa conduite est déjà modifiée par le souvenir. Dans le premier cas, le mouvement de saisir se produit; dans le second, il est arrêté par le souvenir de la douleur, qui agit, en effet, tout comme la douleur elle-même. Le mouvement *volontaire* est un mouvement réflexe influencé par le *souvenir*. Il nous est impossible d'effectuer aucun mouvement volontaire qui ne se produise, dans son ensemble ou dans ses parties, comme un mouvement réflexe ou comme un acte instinctif qui ne puisse être *reconnu* par nous comme tel. Si nous nous observons pendant que nous exécutons un mouvement, nous remarquons que nous nous rappelons vivement un mouvement déjà produit antérieurement, et que par là ce mouvement se réalise; nous nous représentons le corps à saisir ou à écarter, et avec lui sa *place* et les sensations optiques et tactiles qui s'attachent à l'action de *l'y* saisir, et ces représentations entraînent tout de suite après elles le mouvement lui-même. De certains mouvements très familiers, nous ne prenons guère plus conscience que de représentations particulières. Pendant que nous pensons au son d'un mot, ce mot est déjà prononcé; pendant que nous nous représentons son image écrite, il est déjà écrit, sans que les mouvements intermédiaires du langage et de l'écriture se soient nettement présentés à nous. La représentation vive du *but* ou du *résultat* d'un mouvement provoque ici la succession rapide d'une série de processus psycho-

Digitized by Google

physiologiques aboutissant au mouvement lui-même.

Ce que nous nommons *volonté* n'est qu'une *façon particulière* de faire entrer les associations *temporairement* acquises dans le mécanisme fixe du corps antérieurement formé. Dans des conditions de vie simple, le mécanisme congénital du corps suffit, à lui seul, pour assurer la coopération des organes à la conservation de la vie. Mais, si les conditions de la vie varient davantage dans le temps et l'espace, les mécanismes réflexes ne sont plus suffisants. Il faut alors que leurs fonctions aient un peu de jeu et puissent se modifier pour chaque cas. Les phénomènes réflexes sont *modifiés* par les traces des souvenirs qui viennent à la conscience : c'est cette *modification* que nous appelons *volonté*. Sans réflexe, ni instinct, il n'y aurait pas de volonté. Réflexes et instincts demeurent toujours le noyau des manifestations vitales. C'est seulement quand ils ne suffisent plus à la conservation de la vie qu'intervient la modification, ou même que ces actes naturels sont momentanément supprimés, et un détour, souvent long, permet d'atteindre ce qui ne pouvait être immédiatement obtenu. C'est le cas d'un animal qui s'approche furtivement d'une proie et s'en empare en sautant dessus, alors qu'il n'aurait pas pu la prendre autrement. C'est le cas de l'homme qui bâtit des huttes et fait du feu pour se protéger contre le froid, que son organisation ne lui permettrait pas de supporter sans artifice. Ce qui assure un avan-

Digitized by Google

tage à l'homme sur l'animal et à l'homme civilisé sur le sauvage, c'est simplement la longueur des détours qu'ils font pour atteindre le même but, la capacité d'inventer ces détours et de les suivre. On peut ainsi considérer toute la culture technique et scientifique comme une voie détournée. Il peut arriver que, mise au service de la civilisation, la force de l'intellect (de la vie de représentation) augmente assez pour que l'intellect se crée ses besoins *propres* et s'occupe de la science pour *elle-même*. On voit néanmoins que ce phénomène ne peut être qu'un produit de la culture sociale, qui rend possible une division du travail aussi avancée. Le chercheur, entièrement absorbé dans ses pensées, serait en dehors de la société un phénomène pathologique qui, biologiquement, ne pourrait subsister.

Müller a encore admis que les impulsions motrices, *innervations*, allant du cerveau aux muscles, pouvaient être ressenties immédiatement comme telles, de même que les excitations nerveuses périphériques, se propageant au cerveau, produisaient des sensations. Cette opinion a eu des partisans jusque dans ces derniers temps. Mais James et Münsterberg ont fait une étude excellente et plus serrée de la question de la volonté au point de vue psychologique, et Hering en a travaillé tout spécialement le côté physiologique. L'opinion de Müller n'est plus soutenable. L'observateur attentif est obligé de reconnaître que ses *sensations d'innervation* ne sont pas perceptibles ; on ne sait

Digitized by Google

pas *comment* un mouvement s'effectue, quels muscles il met en jeu, avec quelle tension ils y participent, etc. Tout cela est conditionné par l'organisme. Nous nous représentons seulement le *but* du mouvement, et nous ne sommes renseignés sur le mouvement *effectué* que par les impressions périphériques de la peau, des muscles, des tendons. Certaines représentations se complètent dans la conscience en s'associant à d'autres représentations; de même les souvenirs d'impressions sensibles se complètent en *s'associant* aux processus *moteurs* correspondants, mais ces derniers ne tombent plus dans le domaine de la conscience, qu'atteignent seules leurs conséquences. Ce sont des relations nerveuses spéciales avec le cerveau qui font que certains anneaux de la chaîne d'associations parviennent à la conscience. Comme exemple de mise en branle de divers processus physiques par des représentations, rappelons que l'idée seule du vomissement suffit à faire vomir les personnes sensibles. Les personnes dont les mains transpirent facilement et celles qui rougissent quand elles sont confuses, ne peuvent songer à ces phénomènes sans qu'ils se produisent immédiatement. Les glandes salivaires du gourmet réagissent promptement aux images gustatives. D'autres faits confirment encore les vues exprimées ici. Si une contraction musculaire n'est pas d'origine centrale, si elle n'est pas produite par la volonté, mais si elle est due à un courant d'induction, nous la ressentons comme un effort,

Digitized by Google

tout comme la contraction volontaire; la sensation de contraction volontaire est ainsi d'origine périphérique.

Mouvements, sensations et représentations sont en somme, très étroitement liés. Quand un chat sauvage, mis en éveil par un bruit léger, se rappelle l'animal qui peut faire ce bruit, il dirige les yeux vers l'endroit où il se produit, et se tient prêt à sauter. L'association des idées a provoqué ici des mouvements qui rendent possible une impression optique plus nette de l'objet attendu, intéressant et pouvant servir de nourriture: celui-ci pourra alors être attaqué par un saut bien mesuré. Par contre, les yeux du chat sont maintenant tout à fait occupés de la proie. Par cela même, ils se trouvent bien moins disposés à recevoir des impressions venant d'ailleurs, et l'animal aux aguets devient facilement la victime du chasseur. Nous voyons comment ici sensations, représentations et mouvements, se pénètrent l'un l'autre pour réaliser l'état que nous nommons *attention*.

Nous faisons comme ce chat, quand nous *réfléchissons* à quelque chose qui concerne immédiatement la conservation de notre vie ou qui nous intéresse pour toute autre raison. Nous ne nous laissons pas aller à des idées quelconques. Immédiatement, nous négligeons toutes les affaires indifférentes, nous ne prêtons pas d'attention aux bruits qui nous environnent, ou nous cherchons à les empêcher. Nous nous installons à notre table de travail, nous esquissons une construction

Digitized by Google

géométrique, ou nous commençons à développer une formule. Nous jetons les yeux à plusieurs reprises sur la construction ou sur la formule. Les associations en rapport avec notre tâche se montrent seules. Si *d'autres* apparaissent, elles sont bientôt *étouffées* par les premières. Mouvements, sensations et associations coopèrent, quand nous réfléchissons, à produire l'état *d'attention intellectuelle* comme ils ont produit chez le chat *l'attention sensible.* Notre pensée, que *nous* croyons diriger « volontairement », est en réalité déterminée par l'idée du problème qui revient toujours. Dans le cas de l'attention sensible, les sens étant dirigés vers un objet déterminé, l'animal devient relativement aveugle ou sourd pour tout autre objet; de même, les associations concernant le problème barrent la route aux autres. Le chat ne remarque pas l'approche du chasseur, et Archimède, absorbé par une construction géométrique, paie de la vie une adaptation biologique insuffisante dans les circonstances du moment.

Il n'y a *ni volonté ni attention* en temps que forces psychiques spéciales. *La même* force qui forme le corps, dirige aussi les modes particuliers de la collaboration des parties du corps, pour lesquels nous avons adopté les noms collectifs de « volonté » et d' « attention ». Volonté et attention sont si proches parentes, qu'il est difficile de tracer leurs limites respectives. Dans la volonté, et dans l'attention, il y a un *choix*, comme dans le géotropisme et l'héliotropisme des plantes,

Digitized by Google

comme dans la chute de la pierre vers le sol. Toutes ces choses sont au même titre mystérieuses ou compréhensibles. La volonté consiste dans la subordination des actes réflexes moins importants, ou n'ayant qu'une importance passagère, aux processus qui mènent les fonctions biologiques. Mais ces processus conducteurs sont les sensations et les représentations qui *enregistrent* les conditions de la vie.

Bien des mouvements, dont la continuation ininterrompue est nécessaire à la conservation de la vie, comme les contractions du cœur, les mouvements respiratoires, les contractions péristaltiques de l'intestin, sont indépendants de la volonté ou tout au moins sont influencés d'une manière très limitée par les phénomènes psychiques (émotions). La limite entre mouvements volontaires et involontaires n'est pas absolument fixe, elle varie un peu selon les individus. Il y a des muscles qui sont soumis à la volonté chez certains hommes, et qui chez d'autres lui échappent complètement. Il paraît que Fontana pouvait, à sa guise, rétrécir ses pupilles, et E.-F. Weber retenir les battements de son cœur. Si l'innervation d'un muscle réussit par *hasard*, et si on peut *reproduire* par le souvenir les sensations qui interviennent alors, la contraction du muscle peut généralement se reproduire et le muscle reste désormais sous la dépendance de la volonté. Des tentatives heureuses et l'exercice peuvent ainsi reculer la limite de ce qui est mouvement volontaire. Th. de Quincey,

Digitized by Google

par suite de l'usage de l'opium, éprouva un grand affaiblissement de la volonté. D'autre part, de simples idées peuvent devenir si impulsives, qu'elles menacent de se traduire en actions. Par exemple, un homme est dominé par la pensée de tuer une certaine personne, ou de se tuer lui-même, et se fait volontairement attacher pour se mettre à l'abri de cette terrible impulsion.

A cause de son intensité et de sa clarté, la *vie intellectuelle* apparaît à l'homme *adulte* qui analyse son Moi, comme le contenu *le plus important* du Moi. Il en est autrement pour un individu en train de se développer. L'enfant de quelques mois est encore dominé par ses *sensations organiques*. Le *besoin de nourriture* est le plus puissant et le plus actif. La *vie des sens* et plus tard la vie *de représentation* ne se développent que peu à peu. Ce n'est que tardivement qu'apparaît le *besoin sexuel*, et l'augmentation de la vie intellectuelle vient modifier toute la personnalité. Ainsi se développe une image du monde, au *centre* de laquelle notre propre corps se détache d'une façon nette et bien limitée comme l'élément le plus important. L'élément central de cette image du monde est commun à l'homme et aux animaux supérieurs. Mais la vie intellectuelle diminue d'autant plus que nous considérons des organismes plus simples. Chez l'homme civilisé, dont la vie est partiellement allégée, les idées, qui dépendent de sa profession et de sa situation, peuvent acquérir une force et une valeur telles que tout le reste paraît insignifiant à côté

Digitized by Google

d'elles ; mais elles n'étaient d'abord que des moyens de satisfaire les besoins proprement dits.

Les sensations organiques contribuant pour une part importante à la formation du Moi, on conçoit que des troubles de ces sensations organiques altèrent aussi le Moi. Ribot a décrit des cas très intéressants de ce genre.

Les jumeaux, qui ont une partie du corps commune, les frères Siamois par exemple, ont aussi un Moi en partie commun et présentent, comme c'est naturel à cause de leur ressemblance, un caractère identique. Cela va si loin que, dans la conversation, la phrase commencée par l'un est achevée par l'autre. D'ailleurs les jumeaux à liaison organique ne font que présenter, à un degré plus élevé la ressemblance physique et psychique des jumeaux organiquement séparés, ressemblance qui, dans les temps anciens et modernes, a fourni d'inépuisables sujets de comédie.

Les cas, où deux personnalités distinctes se manifestent *à la fois* dans un seul corps, méritent d'être remarqués. Un homme, que le typhus avait privé de connaissance, se réveille enfin, mais croit avoir deux corps couchés dans deux lits différents, l'un malade, l'autre guéri.

Il faut en rapprocher les cas de soi-disant possession, où, dans le corps d'un individu, une autre personne semble en prendre à son aise, en exerçant un contrôle, en donnant des ordres, et souvent en criant avec une voix étrangère. Il ne faut pas s'étonner que l'impression d'angoisse et de ter-

Digitized by Google

reur provoquée par ces faits ait poussé à y voir des manifestations démoniaques.

Plus souvent, des personnalités différentes se manifestent dans un corps *l'une après l'autre*, ou alternativement. Une prostituée, convertie et reçue dans un couvent, tomba dans une folie religieuse suivie d'idiotie. Pendant un certain temps, elle se crut alternativement nonne et prostituée et se comporta en conséquence. On a même observé des cas d'échange de trois personnalités différentes.

Pour se faire de ces cas une idée scientifique, en tenant compte de tous les éléments qui contribuent à la formation du Moi, on doit s'imaginer que, aux *sensations organiques* changeantes se rattachent des cercles d'associations qui leur sont solidement liés et qui sont indépendants les uns des autres. Quand les sensations organiques changent, comme cela arrive dans la maladie, les souvenirs changent aussi avec toute la personnalité. La double personnalité se montre dans l'état de passage, s'il se prolonge suffisamment longtemps. Ces états ne sont pas complètement étrangers à celui qui est capable de s'observer pendant le rêve, et il peut arriver à se les représenter.

Les parties du corps humain sont très étroitement liées, et presque tous les processus vitaux atteignent de quelque façon le cerveau et parviennent ainsi à la conscience. Il n'en est nullement ainsi pour tous les organismes. Si un ver de terre coupé en deux continue à ramper, presque comme s'il était intact, après qu'on a lié les deux tron-

Digitized by Google

çons avec un fil, nous devons admettre que, chez cet animal, les parties, qui ne se touchent pas immédiatement, ne sont pas dans une relation aussi intime que chez l'homme : un anneau agit sur le suivant par excitation, et c'est pour cela que le ver continue à ramper si l'anneau précédent excite le suivant par l'intermédiaire du fil ; mais on ne peut guère parler de la centralisation de toute la vie dans un cerveau, ni de la formation correspondante d'un Moi.

Digitized by Google

CHAPITRE V

Le développement de l'individu dans la nature et la société.

Séparé du corps de ses parents, l'organisme animal commence une vie personnelle. Il n'apporte en héritage qu'un certain nombre de réactions réflexes qui doivent l'aider dans les premières nécessités. Pendant qu'il adapte cet apport à son milieu spécial, qu'il le modifie et qu'il l'augmente, il acquiert de l'*expérience*, il devient une *individualité* physique et psychique. L'enfant se comporte comme le petit perdreau qui sort de sa coquille et qui becquète. Seulement, l'enfant est moins mûr et moins richement doué quand il se sépare de sa mère, dont l'assistance physique et psychique lui est nécessaire longtemps encore.

Les animaux accumulent des expériences individuelles de la même façon que l'homme. La biologie et l'histoire de la civilisation sont, pour la psychologie et la théorie de la connaissance, des

Digitized by Google

sources qui s'équivalent et se complètent réciproquement.

Il peut être très difficile de pénétrer par la pensée dans la vie psychique des insectes, par exemple, dont les conditions de vie et dont les sens nous sont si peu connus, et on peut être tenté de les étudier comme de pures *machines*, et de ne faire aucune conclusion relative à leur vie psychique; mais, les autres moyens de recherche n'étant plus suffisants, on devrait d'autant moins laisser sans l'utiliser le fil précieux de *l'analogie*.

Nous sommes à l'occasion très portés à exagérer l'abîme entre l'homme et les animaux. Nous oublions trop facilement combien de phénomènes se passent mécaniquement dans notre propre vie psychique.

En partant de l'étude des animaux les plus voisins de l'homme, pour arriver progressivement à ceux qui en sont le plus éloignés, nous ferons une sérieuse étude de psychologie comparée, qui éclairera pour nous les phénomènes de la vie psychique la plus élevée et la plus simple, les concordances et les différences entre ces deux extrêmes.

Nous pouvons faire comprendre, par quelques exemples les rapports de l'âme de l'animal et de celle de l'homme. Un chien prenait par son milieu une canne à lourd pommeau, ce qui lui donnait beaucoup de mal. Après de nombreuses tentatives, il apprit à la prendre près du pommeau, au voisinage de son centre de gravité (Morgan).

Deux jeunes chiens portaient des bâtons en tra-

Digitized by Google

vers, et les extrémités des bâtons se heurtaient aux piliers d'un étroit passage pour piétons. Les chiens laissèrent tomber les bâtons et se sauvèrent sans eux. On les renvoya, l'un deux saisit le bâton par un bout et le traina sans difficultés, tandis que l'autre, continuant à prendre le bâton par son milieu et se heurtant toujours, le laissa tomber. En revenant au même endroit une heure après, le chien apparemment le plus habile avait oublié l'avantage que le hasard lui avait vraisemblablement offert. Des chevaux et des chiens, qui ont à traîner un fardeau sur une colline escarpée, préfèrent à la ligne droite le chemin en lacet dont la pente est moindre.

De ces exemples on peut déduire les règles suivantes :

1° Les animaux savent se servir à leur avantage d'associations que le hasard leur enseigne.

2° A cause de la complication des faits, ils peuvent associer des caractères qui ne sont pas très intimement liés. Par exemple, un chien peut attribuer la brûlure à la canne qui attire son attention, tandis qu'il ne remarque pas les orties du chemin.

3° Seules persistent les associations souvent renouvelées et biologiquement importantes.

On reconnaîtra que la conduite de la plupart des hommes peut s'expliquer d'après les mêmes règles.

Morgan rapporte des traits d'incroyable bêtise d'une vache dont le veau mourut bientôt après sa naissance. Comme la vache ne se laissait traire qu'en présence du veau, celui qui la soignait rem-

Digitized by Google

plit de foin la peau du veau sans tête ni pattes. La vache flaira et lécha avec tendresse le simulacre, pendant qu'on commençait à la traire. Mais plus tard, grâce à ces caresses incessantes, le foin apparut et la vache le mangea tout tranquillement. Dans plusieurs de ses nouvelles, Maupassant raconte en maître des traits de stupidité humaine qui ne sont guère exagérés.

Quand, par nécessité biologique, la vie psychique a atteint un certain développement, elle continue à se manifester, même lorsqu'elle n'est plus nécessaire : la curiosité nous montre cette surabondance de la vie psychique. En voici un exemple : dans un jardin zoologique, un singe prit un opossum, l'examina, trouva la poche, en sortit les petits et les y replaça après les avoir examinés attentivement. Ici, l'intérêt du petit zoologiste dépasse déjà notablement la nécessité biologique.

La vie psychique de l'animal est encore essentiellement enrichie par l'observation de la conduite de ses congénères, par leurs exemples et par le rudiment de langage, que forme déjà chez eux les réflexes d'avertissement et d'invitation. La vie d'une espèce éprouve ainsi des modifications dans le cours du temps. Si ces modifications se produisent rarement aussi vite que celles qui surviennent dans la vie de l'homme civilisé à cause des inventions, les procédés sont pourtant ici et là de même espèce, et, dans les deux cas, nous pouvons parler d'une *histoire*.

Les différences que l'homme présente par rap-

Digitized by Google

port aux animaux, au point de vue psychique, ne sont pas qualitatives; elles sont seulement quantitatives. Par suite des conditions plus compliquées de son existence :

1° Il a une vie psychique plus intensive et plus riche.

2° Il a un cercle d'intérêts plus grand et plus étendu.

3° Il est capable, pour atteindre ses buts biologiques, d'employer un plus long détour.

4° A cause des communications orales et écrites plus complètes, la vie des contemporains et des devanciers exerce une influence plus forte et plus directe sur l'individu.

5° Il se produit, pendant la vie de chaque individu, une modification plus rapide de sa vie psychique.

L'homme conquiert les bienfaits de la civilisation dans la voie des expériences primitives, comme les animaux. Quand il n'y a plus de fruits aux arbres, il épie le gibier comme une bête de proie et emploie des artifices comme celle-ci. D'ailleurs, dans le choix des moyens, se montre la force plus grande de son imagination, soutenue par une expérience plus riche. L'Indien se déguise en renne pour atteindre un troupeau de rennes, et l'Egyptien cache sa tête dans une calebasse pour prendre des oiseaux. Il se peut bien que des expériences fortuites aient conduit à appliquer ces moyens. La construction extrêmement ingénieuse des différents pièges témoigne

Digitized by Google

de l'astuce de l'homme, et aussi de celle des animaux, qui connaissent bientôt ces pièges, apprennent à les éviter et imposent à l'homme de nouveaux problèmes.

L'homme primitif s'installe dans des arbres entrelacés, comme les oiseaux et les singes, ou se loge dans une caverne comme les carnassiers. Le besoin d'un espace plus grand transforme peu à peu en une longue hutte rectangulaire la hutte ronde des Indiens, formée d'arbustes liés ensemble. Les conditions climatériques et la nature des matériaux disponibles ont fait remplacer des constructions de bois par des constructions de pierres brutes ou taillées. L'usage du vêtement distingue l'homme des animaux d'une façon tout à fait frappante. Il est vrai que certains crabes mous se glissent dans des coquilles pour s'y abriter; mais ces cas sont relativement très rares et, la plupart du temps, l'enveloppe (peau, carapace, etc.) donnée par la nature constitue une protection suffisante. Par quelle suite de circonstances l'homme a-t-il totalement perdu le vêtement de poils que lui avaient transmis ses ancêtres? Poussé des climats plus chauds vers le Nord, l'homme a-t-il perdu ses poils à cause des vêtements? Ou bien a-t-il été amené à l'état présent par des phénomènes préhistoriques compliqués? L'homme cherchant à s'abriter, prit d'abord comme vêtements des peaux de bêtes et des écorces d'arbres. Il les remplaça, à l'occasion, par des herbes tressées. Ce fut un progrès de faire des tresses en tirant et

Digitized by Google

en tordant les fibres des plantes, les poils et la laine. *On fila,* on tressa ces fils : *on tissa.* Et la nécessité de rattacher, pour en faire un vêtement, les peaux et les étoffes tissées, enseigna la *couture.*

L'animal et l'homme ne peuvent se mettre en rapport avec les corps qui les environnent que par les muscles de *leur propre corps.* Mais, tandis que l'animal s'efforce, la plupart du temps, de saisir *immédiatement* ce qu'il lui faut ou d'écarter ce qui le gêne, l'homme, avec une force psychique plus grande, voit, en outre, les *chemins détournés* et, parmi ceux-ci, choisit le plus commode. L'homme a déjà trouvé le loisir d'observer l'action des corps sur les corps, quoique cela ne le touche guère immédiatement, et il sait, à l'occasion, utiliser cette observation. Il sait que les animaux ne craignent pas leurs compagnons, ni les oiseaux la calebasse, et, d'après cela, il choisit son masque. Le singe poursuit en vain un oiseau; l'homme atteint l'oiseau avec le projectile qu'il a déjà essayé et dont il a éprouvé l'efficacité en en frappant d'autres corps d'une façon méthodique. Le singe s'enveloppe volontiers dans une couverture, *quand* il en a une ; mais il ne sait se procurer ni peau ni écorce pour en faire une. Le singe jette, à l'occasion, quelque chose à son ennemi, et peut même abattre des fruits avec une pierre. Mais l'homme *fixe* tous les procédés avantageux ; par sa nature, il est plus *économe*, et, en dirigeant son attention sur les *moyens intermédiaires*, il

Digitized by Google

invente des armes et des outils, qui lui rendent des services inappréciables.

Si un feu est allumé par un coup de tonnerre, les singes en profitent aussi volontiers que l'homme pour se chauffer. Seul, l'homme remarque que le bois qu'on y ajoute *entretient* le feu. Seul, il utilise cette observation, soigne, conserve et transporte le feu pour réaliser ses différents buts. Il se procure une matière facile à enflammer et continuant à couver sous la cendre, l'amadou; et les nouvelles expériences, qu'il acquiert ainsi, le mettent en état de refaire du feu. Une fois qu'il est en possession du feu, son regard, qui s'étend au delà du besoin le plus pressant, lui fait découvrir, à l'occasion, la fabrication du verre et la fusion des métaux. L'utilisation du *feu* est la clef de la technique *chimique*, comme l'utilisation des *outils* et des armes est celle de la technique *mécanique*.

Tout homme, qui a expérimenté, sent combien il est plus facile d'exécuter avec la main un mouvement convenable, correspondant presque de lui-même à ses desseins, que d'observer exactement la façon dont des corps se comportent *l'un par rapport à l'autre*, et de reproduire ces phénomènes par la pensée. La première chose est un effet des fonctions vitales qui s'exercent en nous d'une façon ininterrompue; la seconde, n'ayant pas pour nous d'intérêt immédiat, n'en peut prendre que moyennant une surabondance d'activité sensorielle et psychique. (*Jeu.*)

L'observation et l'imagination inventive sup-

Digitized by Google

posent déjà un certain bien-être et quelques loisirs. Pour les exercer, l'homme primitif devait déjà vivre dans des conditions relativement favorables. D'ailleurs, il y a peu d'hommes qui fassent des inventions. La plupart prennent et emploient ce qui a été trouvé par quelques inventeurs: c'est en cela que consiste l'éducation, qui peut suppléer au manque d'aptitude, et, tout au moins, *conserver* les conquêtes de la civilisation.

Comme on peut s'en rendre compte, si on réfléchit attentivement à ce que je viens de dire, ce n'est que très difficilement et très lentement que l'homme primitif a acquis une certaine supériorité sur les animaux, puis, à partir d'une certaine époque, la vitesse du progrès a pu s'accroître. La civilisation se développe beaucoup par la formation de la société, la division en classes, professions et métiers. Ainsi une partie du souci de son entretien est enlevée à chacun, et un champ d'activité *plus étroit* est assigné à l'individu, qui pourra, dès lors, le dominer plus complètement.

L'association des hommes produit des inventions particulières, qui ne sont possibles que par elle. C'est le travail rhythmique, et organisé dans l'espace et le temps, d'hommes ayant un but commun : nous le trouvons dans le maniement d'armes des soldats, dans la manœuvre de grosses charges, comme chez les Égyptiens, et en partie dans le travail des fabriques d'aujourd'hui. Les classes sociales, que favorisent les circonstances historiques, ne manquent pas de faire tourner à leur

Digitized by Google

propre avantage le travail des autres classes, en ne consentant que des sacrifices insignifiants. Mais quand les premières ont de nouveaux besoins, elles cherchent de nouveaux moyens de satisfaction plus facile, et souvent le progrès de la civilisation apporte indirectement aux travailleurs ce qu'on ne leur donnait pas, aussi bien pour les avantages matériels que pour les profits intellectuels.

L'homme apprend à se servir des animaux pour les buts qu'il se propose, et par là augmente sa puissance d'une façon peu commune. Dans l'association, il fait l'expérience de la haute valeur du travail de l'homme, ce qui le conduit à ne plus tuer les prisonniers de guerre, mais à les forcer à travailler. Voilà l'origine de l'esclavage, pilier de la civilisation antique, qui se continue sous différentes formes jusque dans les temps modernes. Aujourd'hui, en Europe et en Amérique, l'esclavage est supprimé de nom et dans la forme, mais, en fait, beaucoup d'hommes sont toujours employés par quelques-uns. L'homme n'est d'ailleurs pas seul à asservir des êtres de son espèce ou d'espèce différente ; cela se retrouve, par exemple, dans une fourmilière.

A côté du travail de l'animal et du travail de l'homme, on a cherché peu à peu à utiliser les *forces* de la nature « inanimée » ; c'est ainsi qu'on a construit les moulins à eau et les moulins à vent. Des travaux de plus en plus nombreux, qui autrefois étaient exécutés par des animaux ou par des

Digitized by Google

hommes, sont maintenant confiés à l'eau ou à l'air en mouvement. Cela n'exige que l'installation de machines, que l'on n'a pas à nourrir et qui, en général, sont moins récalcitrantes que des animaux et des hommes. Après l'invention de la machine à vapeur, on recourut à la riche provision d'énergie que la végétation du monde préhistorique avait emmagasinée dans les profondeurs du sol, pendant des milliers d'années, sous forme de houille. Les progrès récents de l'électro-technique élargissent constamment, par le transport électrique de l'énergie, les applications de la machine à vapeur aussi bien que celles des forces de l'eau et du vent, captées dans des endroits écartés.

On pouvait penser que, par une telle augmentation de forces, la partie laborieuse de l'humanité, qui n'a plus à employer que des machines, verrait sa tâche sensiblement *allégée*. Mais, si l'on y regarde de près, on voit que ce n'est pas le cas. Le travail demeure aussi épuisant qu'autrefois. Aristote parlait d'un âge futur avec des machines et *sans* esclaves : son rêve ne s'est pas réalisé, et la tâche colossale des machines sert beaucoup moins à faciliter la vie des hommes qu'à satisfaire les besoins de luxe de la classe dominante.

En face de la vie civilisée intensive s'éveillent encore d'autres pensées. Les tramways assourdissants, les roues bourdonnantes des fabriques, les éblouissements de la lumière électrique dans nos villes ne sont plus contemplés par nous avec un plaisir sans mélange, si nous pensons à la masse,

Digitized by Google

de charbon consumée en une heure. Nous nous approchons avec une vitesse inquiétante du moment où la terre, comme un organisme vieilli, aura épuisé ses trésors. Qu'arrivera-t-il alors ? Serons-nous replongés dans la barbarie ? ou bien, d'ici là, l'humanité aura-t-elle acquis la sagesse de l'âge mûr et appris à gérer ses biens ?

Les progrès de la civilisation ne peuvent être atteints que par des hommes partiellement déchargés de soucis. Cela est vrai du bien-être matériel, comme de la culture intellectuelle. Mais cette dernière a une propriété précieuse : on ne peut l'empêcher de s'étendre à la partie accablée de l'humanité. Et un jour, forcément, cette partie des hommes, se rendant un compte exact de l'état des choses, se tournera vers la partie dominante pour exiger un emploi *plus économique* et *plus ordonné* du fonds *commun*.

Aux inventions qui naissent de la vie sociale de l'homme, appartiennent aussi la *parole* et l'*écriture*. Les cris réflexes, éveillés par certains états, se transforment d'eux-mêmes et involontairement en *souvenirs* et en *signes* de ces états et de ces émotions ; ils deviennent *compréhensibles* pour des individus de même espèce, vivant dans les mêmes circonstances. Si peu spécialisés que puissent être les cris des animaux, le langage humain n'est cependant qu'un développement plus parfait du langage des bêtes. Les cris se sont modifiés et spécialisés, se sont répandus par l'imitation et se sont conservés par tradition. L'élément *émotif* qui

Digitized by Google

a fait naître le cri se reproduit toujours, et le cri s'associe de plus en plus étroitement aux *représentations* correspondantes. Nous pouvons, dans une certaine mesure, *observer* les modifications progressives du langage chez nos enfants, mais la comparaison des langues chez les peuples de même origine nous fournit un plus grand nombre de faits. Nous y voyons comment, avec la division d'un peuple en plusieurs branches vivant dans des conditions différentes, la langue se divise elle aussi. Les mots se modifient : *le même* mot acquiert dans des langues parentes des significations qui arrivent parfois peu à peu à différer beaucoup l'une de l'autre. C'est pour cela que la lecture des affiches dans les rues d'une ville hollandaise peut amuser un Allemand. On a déjà signalé plus haut l'importance du mot comme centre des associations. Nous reviendrons plus tard sur l'importance du langage pour l'abstraction.

La mimique que tous les peuples étrangers emploient pour se comprendre, ou la mimique des sourds-muets (par opposition avec le langage artificiel des doigts) fait l'usage le plus fécond du geste pour représenter les choses qui se voient, quand on ne peut pas les montrer elles-mêmes.

Par la substitution de signes qui demeurent à des signes qu'on n'entend qu'un moment, l'écriture prend naissance : elle a l'avantage de la permanence. D'abord, on a donné des renseignements sur des événements en en fixant l'image. Le tatouage représente le début de l'écriture, et le

Digitized by Google

dessin sur la peau se transforme peu à peu en signes de race, en « totems ». Les marques conventionnelles du souvenir, les nœuds, les encoches, sur des baguettes qui sont ensuite fendues dans leur longueur et conservées par chacune des parties contractantes, les cordons noués des Péruviens ou « Quipos », représentent également des commencements d'écritures.

L'écriture peut ensuite se développer de deux façons différentes : soit que les images des choses se fondent rapidement en une écriture simplificative, en *signes d'abstraction* conventionnels, comme dans l'écriture chinoise, soit que les images deviennent une sorte de rébus et ne soient plus que des signes phonétiques comme dans les *hiéroglyphes* des Égyptiens. La tendance à la pensée abstraite et le désir d'y faire servir l'écriture ont conduit aux premiers moyens. Par contre, la nécessité d'écrire des noms de personnes, des noms propres, a mené au second moyen dont le développement a donné l'*écriture alphabétique*. Chacune de ces méthodes a des avantages particuliers. La seconde, avec des moyens très réduits, peut suivre facilement toutes les modifications d'une langue phonétique et abstraite. La première est tout à fait indépendante de la phonétique ; c'est ainsi que le chinois peut être lu par les Japonais, dont la langue phonétique est toute différente[1].

1. Actuellement, on se remet à étudier théoriquement les anciens problèmes philosophiques de la pasigraphie et de la

Digitized by Google

Le langage et l'écriture, produits de la société civilisée, agissent à leur tour sur celle-ci pour l'élever. On se représente facilement que la vie des hommes ne différerait pas essentiellement de celle des animaux, s'il n'y avait pas chez les hommes, d'individu à individu, communication plus complète des expériences, et si chaque individu devait toujours rester limité à sa propre expérience. L'allégement partiel et matériel que la société procure à l'individu, et le soutien intellectuel, que lui donne la communication avec ses contemporains et ses ancêtres, rendent seuls possible la formation de ce produit de la vie sociale qu'on appelle la *science*.

Le sauvage est en possession des expériences les plus variées. Il connaît les plantes vénéneuses et comestibles, il suit les traces du gibier, il sait se garer des bêtes de proie et des serpents venimeux. Il sait employer le feu et l'eau, il sait choisir des pierres et du bois pour ses armes, il apprend à fondre et à travailler les métaux. Il apprend à compter et à calculer sur ses doigts, à mesurer à l'aide de ses mains et de ses pieds. Il voit, comme un enfant, la voûte céleste, il en observe la rotation, il connaît les mouvements propres du soleil et des planètes. Toutes, ou au moins la plupart de ses observations, sont faites accidentellement pour une *application immédiatement utile*, mais ces expériences primitives forment le germe des diverses sciences.

langue internationale, et à en chercher une solution pratique, qui serait un des plus importants progrès de la civilisation.

Digitized by Google

La science ne peut se constituer avant que l'homme ait gagné, grâce à la facilité matérielle de la vie, un peu de liberté et de loisir, et que l'intelligence, souvent mise à contribution, se soit assez fortifiée pour que l'*observation en elle-même*, indépendamment de ses applications, ait acquis l'intérêt nécessaire. Alors on accumule les observations des contemporains et des ancêtres ; on les ordonne et on les vérifie. On supprime les erreurs dues à des circonstances fortuites et on découvre le *lien* des choses solidement établies. *Un* cas remarquable a déjà montré ce que peut l'écriture : au XVIe et au XVIIe siècle, quand l'Europe, après des siècles de barbarie, renoua le fil de la science antique, elle put rapidement atteindre et dépasser l'antiquité.

L'étude historique de la formation des sciences par la collection et la mise en ordre des expériences primitives offre beaucoup d'attrait. Quelques branches de la science, la mécanique et la théorie de la chaleur, par exemple sont, sous ce rapport, particulièrement instructives, parce que le développement de la science, à partir du travail de l'ouvrier, s'y montre d'une façon particulièrement nette. On voit ici comment le besoin matériel, le besoin *technique*, qui, au début, dirigeait les actions de l'homme, fait place peu à peu à l'intérêt purement *intellectuel* : la technique instinctive se transforme en une technique scientifique consciente de son but. Celle-ci n'est plus limitée à des expériences fortuites; elle peut, suivant un plan méthodique, s'attacher à la solution de ses problèmes.

Digitized by Google

Ainsi, la pensée théorique et la pensée pratique, l'expérience scientifique et l'expérience technique demeurent en contact permanent et se favorisent réciproquement.

Comme la Science, l'Art est un produit accessoire, qui se développe quand les besoins sont satisfaits. On cherche d'abord ce qui est nécessaire, utile, approprié au but. Plus tard, on perfectionne le résultat obtenu. La tresse et le retour régulier de ses formes nous conduit à l'*ornement* ; le rythme, utile dans certains cas, nous fait prendre goût à la mesure.

La prospérité de toute civilisation morale et intellectuelle un peu élevée ne peut se produire que dans le cas où une partie de la société rend plus facile la vie des autres citoyens. Puissent « les dix mille qui dirigent » reconnaître clairement ce qu'ils doivent au peuple qui travaille ! Puissent les artistes et les savants comprendre que c'est une grande propriété *commune* et *acquise en commun* qu'ils administrent et augmentent pour l'*humanité* !

La complication et la diversité des influences, qui naissent de la nature et de la société, assurent à l'homme un ensemble d'expériences, d'associations et d'intérêts beaucoup plus étendu que ce que peut acquérir n'importe quel animal. C'est à cela que correspond la culture intellectuelle plus élevée. Mais comparons entre eux les hommes d'une même classe sociale ou d'une même profession : ils présenteront naturellement des traits

Digitized by Google

communs, correspondant à la classe ou à la profession. Pourtant, selon la différence de ce qu'il a reçu de ses ancêtres et de ce qu'il a appris par lui-même, chacun de ces hommes aura une *individualité psychique unique*, qu'on ne retrouvera pas ailleurs. La différence des individualités intellectuelles augmentera naturellement beaucoup si nous ne nous limitons plus à une classe et à une profession. Imaginons maintenant qu'entre ces intelligences si différentes s'établissent des relations libres, imaginons que ces intelligences se stimulent réciproquement et qu'elles entrent les unes avec les autres en contact plus intime dans des entreprises, qui, comme la science, la technique, l'art, etc., sont des œuvres communes. Alors nous pouvons estimer l'énorme puissance intellectuelle de l'humanité, puissance qui est presque inutilisée encore à l'heure qu'il est. Par la coopération de beaucoup d'individualités différentes, l'expérience s'enrichit considérablement et ses résultats se classent, sans que s'émoussent son acuité et sa vivacité. Un enseignement convenablement organisé peut suppléer en partie à ce libre commerce, mais une organisation trop stricte de l'enseignement et l'établissement de barrières entre les classes peuvent de nouveau tout gâter. Gardons-nous des cadres rigides trop fixes !

Digitized by Google

CHAPITRE VI

L'exubérance des idées.

Le développement de la vie intellectuelle offre des avantages immédiats pour la vie organique, et spécialement pour la vie végétative. Mais, si la vie intellectuelle prend sur la vie des sens une prédominance trop accentuée, cela peut avoir, à l'occasion, des inconvénients pour la vie de l'organisme : l'âme devient parasite du corps. Nous le comprenons si nous réfléchissons que les associations d'idées, sur lesquelles repose l'adaptation des pensées aux faits, dépendent du hasard, comme on l'a fait voir par des exemples. Si des circonstances favorables ont dirigé les idées de telle sorte que leur cours suive ou devance les faits, nous aboutissons à la *science*. Mais des circonstances défavorables peuvent diriger l'attention sur des choses qui ne sont pas essentielles, et amener des associations d'idées qui ne correspondent pas aux faits; nous sommes alors conduits à l'*erreur*. Des idées que des contrôles répétés ont toujours trouvées d'accord avec les faits ne peu-

Digitized by Google

vent servir qu'à régulariser l'action. Mais si on admet sans preuves que des associations d'idées, nées fortuitement dans des circonstances particulières, correspondent aux faits d'une façon générale, il se produit de graves erreurs, et, si l'on s'en inspire pour régler ses actes, les pires conséquences pratiques s'ensuivent.

Les enfants frappent le portrait d'une personne qu'ils n'aiment pas, et, par les paroles qu'ils lui adressent, expriment vivement leur colère. Ils maltraitent l'image de l'animal carnassier et cherchent à protéger contre lui l'image de sa victime. Les sauvages se comportent de même.

Cela nous fait comprendre les bases psychologiques de la sorcellerie si répandue chez les tribus sauvages. Ces populations cherchent à se protéger contre les sorcières en les brûlant, et on sait que cette vieille croyance des peuples sauvages s'est établie plus fortement en Europe depuis le XIIIe siècle, sous l'autorité de l'Église. On sait comment elle a été formellement sanctionnée par la Bulle du pape Innocent VIII, en 1448, et comment des procès théologiques, réglés par le *Malleus Maleficiarum*, sacrifièrent, aux XVe, XVIe et XVIIe siècles, des milliers de personnes de tous âges, de toutes professions, de tous sexes, et notamment de pauvres vieilles femmes. Cette folie effroyable, qui a duré des siècles, avec ses conséquences terribles, devrait rendre l'Humanité attentive à ne jamais se laisser prescrire de lois au nom d'une *croyance* quelconque.

Digitized by Google

En général, les choses qui sont contiguës pour les sens se trouvent aussi liées dans l'esprit. Mais comme l'association crée entre les idées toutes sortes de liaisons accidentelles, on s'expose à de nombreuses erreurs si on prend toute liaison entre des images pour une liaison entre des sensations.

Le mot est un centre d'associations où se croisent des fils de pensées multiples. Il devient par là la source d'une superstition bizarre et très répandue : la superstition du mot. Quand quelqu'un prononce un mot, il se rappelle vivement ce que signifie ce mot et tout ce qui s'y rattache. Il croit voir venir l'ennemi qu'il craint et dont on vient de prononcer le *nom*. « Quand on parle du loup, on en voit la queue ». On ne veut pas nommer le diable, ni peindre le diable sur le mur. « *Dii, avertite omen* », criaient les Romains, quand un mot désignant quelque chose de mauvais était prononcé. Inversement, un vœu *qu'on exprime* frappe *plus vivement* la conscience et paraît plus près de sa réalisation. Pourquoi quelques démons, comme l'homme à l'état de nature en suppose toujours et partout, n'accompliraient-ils pas, eux aussi, le vœu exprimé ?

Le nom d'une personne est considéré par le sauvage comme une partie d'elle-même ; il cache son nom devant l'ennemi, pour ne donner à celui-ci aucune prise sur lui-même, aucun point de départ pour des sortilèges. Le nom du mort et les mots de même consonance ne doivent pas être prononcés : ils sont « Tabou ». Les Maho-

Digitized by Google

métans pensent que celui qui connaîtrait le nom sacré et caché de Dieu pourrait, en le prononçant, accomplir les plus grands miracles. Cette idée remonte à l'ancienne Égypte : l'habile déesse Isis triomphe du dieu Ré en lui arrachant, par ruse, le secret de son nom.

Le sauvage sait que ses membres obéissent à sa volonté et modifient à sa guise ce qui l'entoure; mais il se trompe, en méconnaissant la limite exacte tracée à sa volonté. Ainsi, le dimanche, nous voyons les paysans qui jouent aux boules se pencher machinalement du côté où *doit* rouler la boule, qu'ils ont lâchée depuis longtemps. Les erreurs que j'ai déjà indiquées, et celles dont je parlerai plus loin, viennent surtout de ce que l'*on néglige la limite que nous avons appelée* U.

Un homme couché dort tranquillement, puis s'éveille. Dans l'intervalle, il a rêvé qu'il se promenait dans des pays lointains où son corps n'est jamais allé réellement. Peut-être en rêve a-t-il rencontré son père mort depuis longtemps, et causé avec lui. Ajoutons-y les cas de perte de connaissance, de mort apparente. Chez les hommes naïfs, qui, comme les enfants, *ne tracent pas de limite nette entre les rêves et l'état de veille*, s'installe nécessairement l'idée d'un second Moi mystérieux qui peut se séparer du corps de l'homme puis s'unir de nouveau à lui : dans le premier cas, le corps est sans vie; dans le second, il est de nouveau animé. Ainsi se forme l'idée d'une *âme* menant une vie indépendante. Les hommes rêvent

Digitized by Google

d'une seconde vie après la mort et du royaume des ombres, dont ils ont souvent entendu parler; ils s'en font une idée toujours plus riche et plus variée.

Non seulement tous les corps d'hommes et d'animaux, mais aussi tous les objets ont une âme ou sorte *d'esprit*, qu'on imagine naturellement par analogie. Le sauvage comprend mieux que tout le reste, les événements qu'il produit autour de lui en y voyant des effets de sa *volonté*. Il voit, dans tout ce qui lui arrive d'agréable ou de désagréable, des manifestations d'un esprit bien ou mal disposé pour lui. Les fétiches sont rassemblés, vénérés et soignés, arrosés d'eau-de-vie, s'ils se montrent favorables, et maltraités aussi, quand on a à leur reprocher une prétendue mauvaise volonté. Il n'y a rien qu'un fétiche ne puisse faire et réussir; mais il faut que ce soit le bon fétiche! Nous sommes disposés à nous croire bien au-dessus de cette conception; pourtant, il y a parmi nous des hommes qui portent sur eux des amulettes, de petits cochons, des médailles, etc., et qui ne le font pas seulement par plaisanterie. Gardons-nous de penser que la conception *scientifique* de la dépendance des phénomènes naturels entre eux soit la même que celle qui est vivace encore aujourd'hui autour de nous.

Les idées relatives aux esprits et à une seconde vie, etc., sont tout à fait inoffensives tant qu'elles restent purement *théoriques*. Mais, si les idées qui sont dues à des rêves ont des suites *pratiques*, si,

Digitized by Google

sans apporter à un seul homme le moindre profit, elles poussent à des actions qui troublent le bien-être et la vie de ses compagnons, si *ce qu'on ne peut contrôler* acquiert une puissance suffisante pour entrer en conflit avec *ce qu'on peut contrôler*, on arrive aux faits les plus effroyables de l'histoire de la civilisation.

Citons les sacrifices humains aux funérailles pour donner aux morts des femmes, des serviteurs, bref, toutes les commodités. Ces usages, actuellement encore assez répandus, étaient dans l'ancien temps plus universels encore. On connaît funérailles de Patrocle et le bûcher des veuves ans l'Inde. Des rites analogues s'étendent sous diverses formes jusqu'à des époques « très civilisées ».

Quand des morts étaient si exigeants pour des massacres, les esprits des démons et des divinités ne pouvaient être plus modestes. On sait que les sacrifices humains offerts aux dieux étaient très répandus. Les ancêtres sauvages ou semi-cultivés de tous les peuples civilisés faisaient des sacrifices humains. La chose est en partie rapportée par l'histoire, en partie connue par des légendes (sacrifice d'Isaac, sacrifice d'Iphigénie). Aucun peuple ne peut faire de reproches à son voisin.

De vieilles légendes cruelles et l'usage qui tombe en désuétude d'emmurer des cercueils vides, semblent montrer que cette façon d'agir n'était pas étrangère à *nos ancêtres* eux-mêmes.

Ainsi l'imagination humaine, oisive et exubé-

Digitized by Google

rante, travaille avec zèle à augmenter encore, et d'une façon énorme, les maux que, sans elle, l'homme aurait naturellement à supporter. Ces horreurs n'appartiennent pas exclusivement aux degrés inférieurs de la civilisation. L'Europe des temps modernes en assume, elle aussi, une lourde part. Songeons seulement que l'Inquisition, après avoir, pendant des siècles, causé la mort cruelle de milliers d'hommes et mené à leur perte des États et des civilisations florissantes, ne s'est vue forcée d'arrêter son effrayante activité qu'à la fin du XVIIIe siècle. Il est absolument indifférent à la victime d'être enterrée vivante en l'honneur des esprits de la terre, ou brûlée vive en holocauste aux esprits du dogme, sous les coups de la superstition ou du despotisme de Xerxès, des intrigues des Mages ou de l'esprit dominateur et intolérant des prêtres modernes. On voit que notre civilisation est encore bien près de la barbarie.

Tournons maintenant nos regards vers des images moins attristantes. Les idées qui entrent spontanément en jeu, les associations changeantes des pensées, indépendamment de la direction que leur impriment les sens et sans y être forcées par le besoin matériel, volent bien au delà de cette limite, et élèvent l'homme au-dessus de l'animal. La *poésie* s'élève d'abord au-dessus du fardeau haletant de la vie de tous les jours. Transportée sans critique dans le domaine pratique, elle peut souvent aussi porter de mauvais fruits ; elle est pourtant le début du *développement intellectuel.*

Digitized by Google

Si ces produits de l'imagination sont comparés à l'expérience sensible, dans le but d'éclairer cette dernière et de se faire rectifier par elle, ils aboutissent successivement à des idées *religieuses*, *philosophiques*, *scientifiques* (A. Comte). Considérons donc cette imagination poétique, dont le rôle est de compléter et de modifier toutes les données de l'expérience.

Les os des grands animaux : rhinocéros, mammouths, etc., qu'on retrouve dans la terre, éveillent presque régulièrement, chez les habitants naïfs de la contrée, l'idée et la légende d'un combat de géants, qui aurait eu lieu en cet endroit. Une trombe de sable dans le désert, une trombe d'eau sur la mer deviennent pour l'observateur naïf des démons géants, les Djinn des *Mille et une Nuits*. La légende du Déluge de la Bible hébraïque est imitée d'une légende babylonienne plus vieille, comme le montrent beaucoup de détails communs. Si ces légendes sont si répandues, cela tient à ce que partout elles se sont développées d'une façon presque nécessaire. On trouve à de grandes altitudes des coquilles et d'autres animaux aquatiques fossiles : l'observateur naïf, qui ne sait rien des soulèvements et des affaissements du sol, et à qui les considérations géologiques sont étrangères, doit forcément songer à une inondation atteignant une hauteur inaccoutumée. De même, les volcans sont souvent regardés comme des montagnes chauffées par des esprits, et habitées par des Titans, qui lancent du feu et des pierres.

Digitized by Google

Si l'on se tient sur le bord de la mer, elle apparaît comme un disque plat, et, si on a un horizon plus étendu, les terres apparaissent, elles aussi, comme un disque qui semble nager sur la mer. Le tout est couvert par la voûte du ciel. Ces observations forment la première base de la géographie et de l'astronomie primitives. Cet aperçu repose sur des circonstances *physiologiques* comme le reconnaît l'observateur, placé sur une cîme isolée, ou en ballon. Il croit alors se trouver dans une sphère creuse et peinte, dont la moitié inférieure représente la terre, et la moitié supérieure, le ciel, et qui semble avancer avec le ballon ou fuir devant lui. Mais cette observation se fait trop rarement pour avoir quelque influence sur les idées du peuple. Pour l'homme du peuple, la mer et la terre (physiquement) restent un disque, et le ciel une voûte. Et si cet homme, sur une côte exposée à l'ouest, voit s'enfoncer dans l'eau le soleil éblouissant, il croit l'entendre frémir. Il l'entend même réellement frémir, s'il rattache à ce spectacle un bruit fortuit.

L'enfant et les peuples à l'état primitif n'ont aucune occasion de revenir sur ces représentations naïves. L'enfant voit le soleil monter et descendre derrière une colline, et court vers lui pour le saisir. En vérité, il trouve que cette colline n'était pas la bonne, que, derrière elle, il s'en dresse une seconde et une troisième où est le soleil ; mais il pense pourtant qu'il doit y en avoir *une* qui est *la bonne*. L'idée de prendre le soleil avec un filet

Digitized by Google

n'apparaît pas à l'enfant comme irréalisable. Le conte si répandu, où le héros prend le soleil, nous permet de conjecturer un degré de civilisation primitif, auquel on pouvait tout à fait sérieusement songer à ce qui nous apparaît maintenant n'être qu'une aimable occupation de l'imagination. Ce n'est que peu à peu, avec les progrès de la civilisation, que ces récits prennent un léger trait d'humour et d'ironie, jusqu'à ce qu'enfin ils soient regardés comme de pures inventions, sans autre objet que l'amusement.

Nous avons déjà dit quelle valeur ont, en tant qu'élévation poétique, les vues religieuses ou mythologiques. Tandis que l'homme espère le secours des dieux ou des démons, il supporte plus facilement sa situation misérable; il redoute le mal au milieu du bonheur, et cela peut souvent amortir son orgueil d'une façon salutaire. Celui qui connaît les religions remarque que, dans tous ces systèmes primitifs, les idées spéciales de vie après la mort n'ont rien à voir avec celles de récompense ou de punition, rien à voir avec une justice par représailles, et surtout rien à voir avec la morale.

La morale de l'homme primitif, très différente d'ailleurs de la morale moderne, à cause des conditions de vie dissemblables, mais non moins stricte qu'elle, est déjà prescrite par l'opinion publique, qui reconnaît bien ce qui est utile à la communauté et ce qui lui est nuisible. La conduite de l'homme primitif se règle naturellement d'après les rela-

Digitized by Google

tions *de la vie présente*. Il n'est certainement pas rationnel de fonder la morale sur des bases dont on ne peut contrôler l'exactitude. Condamner une partie du peuple à un esclavage permanent, tandis que l'autre partie s'efforce d'accaparer tous les biens de ce monde, voilà une morale qui compte avec une justice après la mort, qui offre aux uns une consolation très sérieuse, et qui est très commode pour les autres. Mais une morale est *plus saine* si, comme la morale *chinoise*, d'ailleurs très développée, elle ne se fonde que *sur des faits réels*. La morale et le droit appartiennent à la technique sociale de la civilisation, et sont d'autant plus élevés que la pensée vulgaire est chassée de l'une et de l'autre par la pensée scientifique.

On affirme bien aussi que beaucoup de races n'ont *aucune* notion religieuse ou mythologique. Citons comme exemple le récit suivant : « Les Arafuras de Vorkey n'ont pas la moindre religion, ni la moindre idée de l'immortalité de l'âme. Quand je m'en informais, ils me répondaient toujours : « Jamais un Arafura n'est revenu chez nous après sa mort, de sorte que nous ne savons rien d'une vie future. Nous en entendons parler aujourd'hui pour la première fois. » Ils ont pour profession de foi : quand tu es mort, tout est fini pour toi, et ils n'ont jamais réfléchi à la création du monde. Pour me convaincre qu'ils ne savaient réellement rien d'un être supérieur, je leur demandai près de qui ils imploraient du secours quand ils étaient dans la détresse, et que leur bateau était menacé par

Digitized by Google

une forte tempête. Le plus vieux tint conseil avec ses compagnons, puis répondit « : Nous ne savons pas à qui nous pourrions demander assistance, mais, si tu le sais, sois assez bon pour nous le dire. » (Lubbock.) Ces mots semblent dictés par l'ironie réfléchie d'un esprit libre remettant à leur place les vues prétendues plus élevées de l'Européen, empressé à faire des prosélytes. Mais tous ces récits ne doivent être acceptés qu'avec la plus grande prudence. Nous savons combien est générale, chez les peuples sauvages, la croyance aux esprits et aux démons, et combien ils s'en inquiètent. Si ce récit était l'expression pure de la vérité, il faudrait y voir une rare exception.

Religion, philosophie et conception de la nature sont inséparables aux débuts de la civilisation. Là où, comme dans la Grèce antique, *il n'y a pas de caste* de *prêtres* pouvant défendre énergiquement ses intérêts, une philosophie *libre* se développe plus facilement et brise les barrières des traditions religieuses et mythologiques. Mais cette philosophie est fantaisiste et aventureuse, comme nous le voyons par les essais des Ioniens et des Pythagoriciens. Et comment pourrait-il en être autrement? Il faut, avant tout, acquérir une vue du monde, et la critique ne peut s'exercer que quand plusieurs conceptions, qui semblent d'inégale valeur, peuvent être comparées les unes aux autres, et mises en contradiction ou en accord. Alors la Philosophie et la Science ne font encore qu'*un*. Les premiers philosophes sont en même temps astronomes,

Digitized by Google

géomètres, physiciens, bref, savants. Si, à côté de leur intuition du monde de valeur douteuse, ils réussissent à fixer, d'une façon soutenant mieux la critique, les images de portions plus petites de la nature, ces résultats s'accumulent, on leur reconaît une portée plus générale, et ils forment les commencements d'une *science* particulière. Qu'on pense aux trouvailles géométriques de Thalès et de Pythagore, aux observations de ce dernier en acoustique. Nous pouvons caractériser du nom de *mythologie de la nature* cette science de début avec ses éléments fantaisistes. Puis la mythologie de la nature, animistique et démonologique, se résout peu à peu en une mythologie des substances et des forces, en une mythologie mécanique et automatique et, enfin, en une mythologie dynamique.

D'ordinaire, ces différentes conceptions s'établissent les unes à côté des autres, et on trouve leurs traces jusque dans les temps modernes. Songeons aux particules lumineuses de Newton, aux atomes de Démocrite et de Dalton, et enfin aux Ions et aux Électrons d'aujourd'hui. Il faut que l'impitoyable critique anéantisse d'innombrables fleurs de l'imagination, avant qu'*une* de ces fleurs puisse se développer davantage et parvenir à un état durable. Avant de *comprendre* la nature, il faut la *saisir* en imagination, pour donner aux concepts un contenu intuitif vivant. Et il faut, pour cela, une imagination d'autant plus vive que le problème à résoudre est *plus éloigné* de l'intérêt biologique *immédiat*.

Digitized by Google

CHAPITRE VII

Vérité et Erreur.

Les êtres vivants se sont mis en équilibre avec les circonstances extérieures, en partie par une adaptation innée (permanente), en partie par une adaptation acquise (temporaire). L'organisation et la direction habituelle de la vie, qui sont biologiquement *nécessaires* dans certaines circonstances, peuvent devenir *désavantageuses* dans d'autres conditions, et peuvent même mener l'être vivant à la *mort*. L'oiseau est organisé pour vivre dans l'air, le poisson pour vivre dans l'eau, et l'inverse n'est pas vrai. La grenouille gobe les insectes qui volent, elle s'en nourrit, mais elle est victime de son habitude si elle happe un morceau d'étoffe en mouvement et reste accrochée à l'hameçon qu'il cache. Le papillon va d'ordinaire vers la lumière et les objets colorés, et cette conduite, qui favorise généralement la conservation de sa vie, peut le mener parfois, aux fleurs peintes d'un tapis, incapables de le nourrir, ou à la flamme qui le tue. Tout animal,

Digitized by Google

pris dans un piège, ou saisi par une autre bête, nous montre les limites au delà desquelles son organisation psychophysiologique n'est plus suffisamment adaptée. Chez les animaux dont l'organisation est la plus simple, l'excitation et la réaction, par exemple l'attaque et la fuite, sont liées d'une façon si régulière, que les faits observés ne nous pousseraient pas à penser qu'une disposition de l'esprit et une volonté sont intercalées entre les deux termes correspondants, sensation et représentation, si l'analogie n'était pas si grande avec les phénomènes que nous avons aperçus en nous. Mais il se peut que la simple excitation soit trop *ambiguë* pour déterminer le processus d'adaptation convenable. Alors seulement la sensation intervient comme élément autonome, pour provoquer avec les souvenirs et les représentations, l'état de l'organisme qui détermine enfin l'action vers un but conscient. Aux conditions plus compliquées de la vie, correspond aussi un organisme plus compliqué, qui leur est adapté et dont les différentes parties, adaptées les unes aux autres, agissent mutuellement les unes sur les autres. La conscience consiste précisément dans une corrélation spéciale des parties (cerveau). Il n'y a pas d'opposition entre représentation et volonté. Toutes deux sont des produits des organes. La première dépend surtout d'organes simples, la seconde de la *liaison* des organes. Tous les phénomènes de la vie de l'individu sont des réactions, qui s'effectuent pour conserver son existence, et les modifications de

Digitized by Google

la vie intellectuelle n'en sont qu'une partie. La persistance d'une espèce vivante montre que les adaptations ont réussi d'une manière suffisante à en assurer l'existence. Dans la vie physique, comme dans la vie psychique, il se produit également des réactions qui n'aboutissent pas à cette conservation, et qui sont à considérer comme des échecs en ce qui concerne l'adaptation. On peut l'observer tous les jours. Les réactions physiques et psychiques se règlent d'après le principe de la vraisemblance. La réaction peut être avantageuse ou nuisible; des *représentations* particulières peuvent être biologiquement correctes ou erronées, mais les deux cas ont à leur base *les mêmes* processus physiques et psychiques.

Considérons quelques exemples. Déjà, quand une excitation provoque une réaction immédiate, il peut en résulter des conséquences nuisibles. L'odeur corrompue de certaines plantes attire des mouches et les convie à y déposer leurs œufs, et les larves, qui ne trouvent aucune nourriture à leur éclosion, périssent.

L'attention est dirigée vers ce qui est biologiquement *important* par une disposition innée ou acquise. Mais il peut toujours se produire une rencontre fortuite d'événements défavorables, et par conséquent des associations qui induisent en erreur. Si l'idée de Darwin est exacte, des insectes venimeux, ayant un mauvais goût ou pouvant piquer, présentant des couleurs vives et voyantes, sont évités par les autres animaux, et d'autres insectes

Digitized by Google

inoffensifs seront aussi épargnés, si, par leurs couleurs, ils ressemblent aux premiers (mimétisme). L'image optique d'un corps connu tombant sur notre rétine, nous y rattachons par association la représentation de l'impression tactile et des autres propriétés. Si nous touchons un corps dans l'obscurité, son image optique se dresse devant nous. Il est biologiquement important que ces associations se suivent assez rapidement et assez vivement pour qu'elles soient presque pareilles à des illusions[1]; mais, dans des cas plus rares, nous pouvons être trompés par les mêmes processus. La disposition ou direction générale des pensées prend ici une influence déterminante considérable.

L'interprétation spatiale facile des perspectives linéaires, dessinées dans un plan, montre pour le mieux jusqu'où peut aller chez l'homme, et notamment chez l'homme civilisé, cette habitude de l'association psychique qui complète la sensation. On voit sans difficulté le *relief* d'un escalier, d'une machine et de formes cristallines très compliquées, quoique le dessin linéaire n'en indique qu'un minimum. D'après Powell, les Indiens ont d'abord quelque peine à interpréter ces dessins linéaires, mais ils y arrivent bientôt. Ils ne comprennent facilement ce que signifient des peintures en couleurs, que quand elles représentent des objets qui leur sont connus. D'ailleurs, la capacité de l'homme

1. Ces illusions consistent à prendre la représentation suggérée pour la sensation correspondante elle-même, en quoi il n'y a ordinairement pas d'erreur.

Digitized by Google

sous ce rapport varie beaucoup et se spécialise. J'ai connu une vieille dame, dont l'imagination était très riche et qui racontait parfaitement d'admirables contes, mais pour qui un tableau était aussi incompréhensible que pour un idiot ou pour un animal. Tout au plus savait-elle si elle avait devant elle un paysage ou un portrait.

Nous voyons, dans les premiers essais de dessins rudimentaires de nos enfants, que l'association peut être inexacte ou troublée par une autre association. Ils expriment dans leurs dessins ce dont ils se souviennent et ce qu'ils ont vu une fois chez une personne, sans s'inquiéter de savoir si cela peut être vu ou non d'un seul coup d'œil. Les Indiens, d'après K. von den Steinen, pratiquent encore ce système qui a été employé par les créateurs de la peinture chez les anciens Égyptiens. Dans cette antiquité respectable, nous trouvons sur les murs des temples des traits d'un art très développé au point de vue technique et d'une puérilité *primitive*.

L'intérêt biologique attire l'attention sur les associations plus *importantes*. Ces dernières auront ainsi, même sans développement psychique spécial, une tendance à devenir *permanentes* et à gouverner, instinctivement, les fonctions de la vie plutôt dans le sens de la conservation. Mais les conséquences sensibles d'associations erronées interviendront à titre de *correctif*, et contribueront à réaliser un développement psychique plus étendu. On tendra vers l'examen attentif, conscient et volontaire des *concordances* et des *différences*

Digitized by Google

importantes dans les différents cas, à la séparation nette des caractères exacts ou erronés. Ici, nous touchons au début de l'adaptation des idées faite à dessein, au seuil de la *recherche scientifique*. Pour le dire en quelques mots, outre la *permanence* de la vie intellectuelle, la science s'efforce d'obtenir une *différenciation* suffisamment souple pour la variété des phénomènes de la vie. Le cours des idées doit s'adapter aussi exactement que possible à ces phénomènes, qu'ils soient physiques ou intellectuels ; il doit les suivre très exactement ou même les devancer. Il doit se modifier aussi peu que possible en passant d'un cas à l'autre, et pourtant, il doit s'appliquer exactement à la diversité des cas. Le cours des représentations doit être une image aussi fidèle que possible du cours des phénomènes naturels.

Celui qui a éprouvé le désagrément qu'il y a à confondre un champignon vénéneux avec un champignon comestible, fait attention aux taches rouges et blanches de la fausse oronge et les considère comme le signe du poison. Ces taches tranchent alors nettement sur l'image générale du champignon. Ainsi, nous apprenons à considérer *séparément* ce qu'il y a d'important pour la détermination d'un phénomène, que nous décomposons en ses éléments ou inversement que nous reconstituons à partir de ses éléments. Si un élément du phénomène, nous paraît plus important, et si nous exprimons cela par le langage, nous portons un *jugement*. On peut aussi porter un jugement

Digitized by Google

intérieur *sans* l'exprimer par le langage ou *avant* de l'exprimer.

Le sauvage ingénieux qui, le premier, a protégé sa calebasse du feu en la recouvrant de terre s'est bien trouvé dans ce cas. Il jugea : « la calebasse brûle », « la terre ne brûle pas » ; « la calebasse recouverte de terre ne brûle pas ». On peut, sans parler, accumuler des observations simples, des expériences, faire des inventions, porter des jugements. Ceci s'observe très bien chez les chiens intelligents, et chez les enfants qui ne parlent pas encore. L'expression d'un jugement par le langage présente toutefois des avantages importants. Celui qui parle est obligé de décomposer, pour le communiquer, chaque événement en éléments *généralement* connus et nommés, et il gagne ainsi beaucoup de clarté. Maintenant, son attention doit se diriger sur les détails ; il doit *faire des abstractions* et y forcer les autres. Si je dis : la pierre est ronde, je sépare la forme de la matière. Dans le jugement, la pierre sert de marteau, l'usage est distingué de l'objet. La proposition « la feuille est verte » oppose la couleur à la forme. La vie intellectuelle gagne beaucoup, dans un sens, par l'expression, par la parole ; mais, de l'autre, elle est limitée par des formes conventionnelles, fortuites. Si je dis : la bûche de bois nage sur l'eau, ou l'eau porte la bûche de bois, cela ne fait dans ma pensée aucune différence ; psychologiquement, c'est la même chose. Mais, dans la phrase exprimée, le rôle de sujet passe du bois à l'eau. Les jugements : tous les A

Digitized by Google

sont B et quelques A sont B peuvent être considérés psychologiquement comme une somme de *nombreuses* opérations de jugement. Puisque la logique doit se servir du langage, elle doit se contenter de formes grammaticales, que le développement historique a produites, et qui ne sont pas exactement parallèles aux processus psychiques. Nous ne cherchons pas ici à expliquer jusqu'à quel point une logique, qui emploierait une langue artificielle, faite pour elle-même, pourrait s'affranchir de cet inconvénient, et serrer de plus près les processus psychologiques.

Tous les jugements ne reposent pas sur une observation ou sur une intuition sensible aussi simple que les jugements intuitifs : une pierre qu'on ne soutient pas tombe sur le sol ; l'eau est liquide ; le sel fond dans l'eau ; le bois se laisse allumer dans l'air. Une expérience plus poussée montre, par exemple, que, dans le dernier cas, les conditions de l'inflammation du bois sont beaucoup plus compliquées. Ce n'est pas dans un air quelconque que brûle le bois ; l'air doit contenir une quantité suffisante d'*oxygène* et le bois doit avoir une certaine *température*. Un simple coup d'œil ne permet pas de reconnaître l'oxygène ou de déterminer la température. Les mots correspondants n'éveillent aucune représentation intuitive simple. Il nous faut penser à la façon dont l'oxygène se comporte chimiquement et physiquement, à toutes les expériences et observations que nous avons faites sur lui, à tous les jugements que nous avons

Digitized by Google

portés alors, pour nous représenter correctement dans l'esprit la condition « présence de l'oxygène ». L'oxygène est un *concept* dont le contenu tout entier ne peut être donné par *une* représentation intuitive, mais n'est épuisé que par la *définition*, où se *synthétise* une somme d'expériences.

Il en est de même des concepts de température, de travail mécanique, de quantité de chaleur, de courant électrique, de magnétisme, etc. En nous occupant d'une façon plus approfondie de la science à laquelle un concept appartient, et des expériences auxquelles il se rattache, nous acquérons une pratique spéciale, et, quand nous employons le mot qui désigne et incorpore le concept, nous éveillons, comme un faible écho, les expériences qui s'y rapportent, sans que nous nous les représentions nettement et explicitement.

C'est une science *potentielle* qui est contenue dans le concept (S. Stricker). Par l'usage fréquent d'un mot abstrait, nous acquérons un sentiment plus sûr et plus fin, qui nous fait connaître dans quel sens et entre quelles limites nous pouvons appliquer ce mot au concept correspondant. Des hommes, à qui un concept est moins familier, peuvent avoir, par l'usage du mot abstrait, une représentation intuitive, qui *représente* le concept et leur en rend sensible un côté important et saillant ; ainsi, pour le vulgaire, le mot oxygène fait penser facilement à une allumette présentant un point incandescent et qui s'enflamme ; le mot température, à un thermomètre ; le mot travail, à

Digitized by Google

un poids soulevé, etc. Jérusalem a désigné d'une façon frappante ces représentations sous le nom de représentations *typiques*.

Si nous trouvons qu'un jugement, que nous avons nous-même porté, ou qui nous est communiqué, correspond d'une façon exacte au fait physique ou psychique, auquel il se rapporte, nous disons qu'il est vrai et nous voyons en lui, notamment quand il est neuf et important pour nous, une *vérité ou une connaissance vraie*. Une connaissance vraie est toujours un fait psychique qui nous conduit à un résultat biologique immédiat ou seulement médiat. Mais si le jugement ne se vérifie pas, nous l'appelons *erreur*, et, dans le cas plus grave d'une tromperie volontaire, nous l'appelons mensonge[1]. *La même* organisation psychique si utile, grâce à laquelle, par exemple, nous *reconnaissons* rapidement une guêpe, peut faire, dans d'autres circonstances, que nous prenions *à tort* pour une guêpe un lignivore qui lui ressemble.

La simple observation sensible peut conduire à la vérité et aussi à l'erreur, quand nous négligeons des *différences* importantes, ou que nous

1. Je ne puis me familiariser avec l'idée que l'acte de croire soit un acte psychique spécial, qui soit à la base du jugement, et en forme l'essence. Un jugement n'est pas une affaire de foi, mais une simple constatation de faits. Foi, doute, incrédulité, reposent plutôt sur des jugements touchant la concordance ou la non concordance de complexes de jugements parfois très compliqués. L'acte de repousser des jugements qu'on ne peut accepter s'accompagne souvent d'une forte émotion, qui provoque des exclamations involontaires.

Digitized by Google

méconnaissons des *concordances* importantes, par exemple, si nous prenons pour une mouche une guêpe d'aspect terne, malgré la forme caractéristique de son corps. Une méprise analogue expose encore plus facilement l'homme à l'erreur dans la pensée abstraite, et notamment celui qui n'est pas familiarisé avec les abstractions, qui se contente de représentations typiques, sans faire l'analyse exacte et réfléchie des concepts employés. *Vérité et erreur ont les mêmes sources psychiques : seul, le succès permet de les séparer l'une de l'autre. Une erreur clairement reconnue est, à titre de correctif, aussi précieuse pour la science qu'une vérité.*

Les jugements erronés, basés sur l'observation, viennent de l'attention insuffisante apportée aux conditions de l'observation. Tout fait simple subsiste comme tel, qu'il soit physique ou psychique, ou qu'il soit un mélange de physique et de psychique. L'erreur ne s'introduit que quand nous croyons ce fait constitué par des circonstances *différentes* de celles qui existent réellement, quand nous ne tenons pas compte de la modification des conditions physiques ou des conditions psychiques, ou de ces deux sortes de conditions à la fois. Surtout, nous devons tenir compte de la limite U, quand les dépendances qui sont extérieures à U, celles qui sont intérieures à U et celles qui franchissent cette limite, offrent des différences essentielles.

La confusion d'une hallucination pure avec une sensation en est un exemple ; mais elle ne se présente que rarement à l'état de veille. Par contre,

Digitized by Google

tous les jours, nous confondons ou nous séparons d'une façon insuffisante les *sensations* et les *représentations*, qu'elles éveillent par association. L'exemple le plus simple est de prendre pour un corps réel une image fournie par un miroir. Nous pouvons l'observer journellement chez des oiseaux et d'autres animaux. Les singes cherchent derrière le miroir et, conformément à leur développement psychique plus élevé, montrent le dépit, que leur cause cette taquinerie. De telles méprises se produisent surtout facilement quand la sensation diminue d'intensité, par exemple, quand la lumière est faible et que l'imagination est, par là même, fortement excitée. Ces cas, où la sensation est dominée par une illusion, peuvent même avoir des inconvénients dans la recherche scientifique. Nous avons déjà étudié le rôle joué par les *fantômes du rêve*, que la pensée populaire transporte dans la *réalité*. Qui ne se rappelle, étant enfant, s'être éveillé d'un rêve en pleurant le beau jouet, qu'il avait à l'instant encore dans les mains et qui n'est plus là? Les peuples jeunes se comportent comme les enfants, d'où l'importance attribuée chez eux aux rêves, qu'ils regardent comme ayant une influence sur la vie réelle, et le souci constant de les interpréter.

Comme exemple intéressant des idées que l'on peut avoir sur la physique, je veux rapporter ici l'opinion d'un chef indien, d'après Powell. Une troupe de blancs et d'Indiens s'amusent, après le travail du jour, à jeter des pierres au-dessus d'une gorge profonde dans le voisinage de laquelle elle

Digitized by Google

fait halte. Aucun de ceux qui prennent part à ce jeu ne réussit, toutes les pierres tombent dans le fond de la gorge; seul, le chef Chuar peut atteindre la paroi du rocher de l'autre côté du gouffre. La conversation s'engage sur ce phénomène frappant, et Chuar opine : si la gorge était comblée, on jetterait la pierre avec facilité, mais l'espace vide attire forcément la pierre vers le bas. En présence de l'incrédulité que manifestent les Européens et les Américains touchant l'exactitude de cette conception, Chuar riposte par la question : est-ce que vous ne sentez pas vous-mêmes que l'abîme vous attire à tel point que vous êtes obligés de vous pencher de l'autre côté pour ne pas y tomber? Ne sentez-vous pas, quand vous grimpez à un arbre, que l'ascension devient d'autant plus difficile que vous arrivez plus haut, et qu'il y a plus d'espace vide au-dessous de vous? — A nous, hommes modernes, « cette physique de sauvage » semble erronée sous plus d'un rapport. D'abord Chuar considère son sentiment *subjectif* de vertige comme une force *physique* qui attire tous les corps vers l'abîme. Chuar, pour qui le « bas » est une direction absolue, ne s'inquiète naturellement pas de ce que le grand abîme qui est *au-dessus* de nous ne soit pas aussi actif; nous ne pouvons certes pas exiger de lui qu'il en sache plus long dans cette voie que des Pères de l'Église, que Lactance et saint Augustin. Puis Chuar attribue des forces à l'espace vide : cela aurait fait frémir Descartes et ses contemporains. Depuis Fresnel, Faraday, Maxwell et Hertz, cela ne

Digitized by Google

ne peut plus produire en nous l'étonnement éveillé chez les compagnons civilisés de Chuar.

Avant tout, le physicien moderne douterait qu'il y ait là un fait physique réel ayant besoin d'une explication; il prouverait par des mesures que l'on ne jette pas moins loin au-dessus de la gorge qu'ailleurs, mais que, *physiologiquement*, on estime au-dessous de sa valeur la largeur de la gorge. Une balance équilibrée, dont *un* plateau, porté par un long bras de fléau, se trouverait au-dessus de l'abîme, resterait en équilibre, ou même, si elle était suffisamment sensible, le plateau, suspendu au-dessus du gouffre, s'élèverait un peu.

Nous ne prenons pas pour des forces physiques nos *sensations* et nos *sentiments* subjectifs. C'est en cela que nous sommes supérieurs au chef indien. Mais, pour ne pas trop nous enorgueillir, réfléchissons seulement que nous considérons encore toujours comme des *réalités physiques* nos *concepts subjectifs*, ainsi que Stallo l'a montré, et que je l'ai prouvé moi-même. Nous parlerons ailleurs des erreurs qui s'introduisent par là dans la recherche.

On se garantit de l'erreur et on en tire même profit en découvrant les motifs qui l'ont amenée. Ces motifs se montrent nettement et sans mélange dans les cas d'erreur *volontaire* consciente. Nous ne parlerons pas davantage ici des raisonnements captieux des sophistes qui faussent la pensée abstraite. Mais il n'y a pas que des sophistes de mots, il y a aussi des sophistes de faits qui faussent, par

Digitized by Google

une pseudo-action, l'*observation* qui attire nos regards. Il y a très grand profit à analyser les procédés, à l'aide desquels les escamoteurs et les prestidigitateurs trompent et surprennent le public par des moyens très simples. Un moyen très grossier consiste à faire admettre par le spectateur une *identité* qui n'existe pas. Par exemple, on emprunte une montre qu'on place dans un mortier. On couvre le mortier, puis on le met sur une table, tandis que, par un artifice quelconque, on détourne l'attention du public. Profitant de cela, un aide dissimulé prend la montre sans être vu, et la remplace par une autre montre sans valeur. On brise la fausse montre, et, pendant qu'on nous en présente les débris, on fait une action quelconque destinée à détourner l'attention, et grâce à laquelle on peut faire apparaître la montre originale intacte dans un endroit auquel personne ne songeait.

Houdin donne des indications sur la façon d'exécuter des mouvements apparents qui font croire, par exemple, que l'on a placé un corps à un endroit donné alors que ce n'est pas vrai; il montre comment, avec la main ouverte et les doigts allongés, on peut tenir de petits corps sans qu'ils soient remarqués. L'escamoteur emploie des *signes* très fins, qui sont invisibles pour les profanes, et qui ne peuvent guider que lui seul. Les cartes d'une bande de tricheurs ayant été saisies, Houdin fut chargé de les examiner. Malgré ses recherches patientes, il ne put découvrir aucun signe sur le dos tout blanc et lisse de ces cartes. Lorsqu'enfin, fatigué et décou-

Digitized by Google

ragé, il rejetait le jeu, il aperçut, au dos brillant d'une carte, une petite tache mate. Un examen plus poussé lui montra alors que *toutes* ces cartes présentaient vers un de leurs angles une tache analogue, formant pour ainsi dire un tableau à double entrée : le joueur avait ainsi une *connaissance complète* des cartes de son adversaire, sans que celui-ci put s'en douter. — L'application de moyens singuliers, fussent-ils très simples, auxquels personne ne pense, assurera presque toujours le succès de l'escamoteur.

Une autre histoire intéressante, rapportée par Decremps, mérite encore d'être mentionnée. Un homme est devant le jury, sous l'accusation d'avoir jeté un enfant dans un fleuve et de l'avoir noyé. Il n'y a pas moins de cinquante-deux témoins à charge. Les uns ont vu jeter l'enfant dans le fleuve ; d'autres ont entendu l'enfant crier ; d'autres ont vu l'homme en colère frapper sans mesure cet enfant, etc. L'homme se défend en disant que personne ne s'est plaint d'avoir perdu un enfant, et qu'on n'a trouvé aucun cadavre. Le tribunal est, naturellement, dans une grande perplexité. Alors, le prévenu demande qu'on fasse entrer un de ses amis, ce qui lui est accordé. L'ami paraît avec un gros paquet, d'où sortent un berceau et un enfant. Le prévenu caresse tendrement l'enfant, qui se met tout de suite à pleurer. « Non, pauvre vermisseau, tu ne resteras pas dans le monde, seul et sans soutien », dit le prévenu, qui tire aussitôt un sabre du paquet. Puis, en criant : « Maintenant, tu

Digitized by Google

vas suivre ton frère ! » il coupe la tête de l'enfant, avant que personne ne puisse l'en empêcher. A la place du sang qu'on attendait, on voit et on entend tomber sur le sol une tête de bois ; alors l'homme déclare qu'il est escamoteur et ventriloque, et qu'il a eu recours à ce moyen pour pouvoir vivre de son art, et acquérir la popularité nécessaire.

Vraie ou fausse, cette histoire est, en tout cas, très instructive. Quelque chose peut être *très vraisemblable*, et pourtant *ne pas* être *vrai*. Est-ce que des témoins ne voient pas tout, quand, une fois, ils *croient* que tel ou tel est un assassin ou un voleur ? Et que n'affirment pas des témoins *prévenus ?* Mais à quoi peuvent servir des histoires, quand les assassinats légaux, dont on s'aperçoit tous les ans, nous montrent seulement avec quelle facilité on condamne des hommes, dès qu'on les *tient* pour coupables ? Comme s'il ne serait pas beaucoup plus important de ne condamner *aucun* innocent, que de frapper *tous* les coupables ! La justice criminelle doit servir à protéger les hommes ; mais, de temps à autre, elle se comporte un peu, vis-à-vis d'eux, comme l'ours de la fable, dont le pavé assomme une mouche sur le front de son bienfaiteur endormi.

Nous pouvons tirer de l'observation des escamoteurs des enseignements instructifs pour notre conduite dans la recherche scientifique. En fait, tous les phénomènes naturels sont extrêmement compliqués. En dehors des circonstances sur lesquelles notre attention est précisément dirigée, il y a

Digitized by Google

encore une foule d'autres circonstances qui contribuent, elles aussi, à déterminer le phénomène, et qui nous cachent la relation à laquelle nous nous intéressons, qui compliquent et qui *faussent* apparemment le phénomène que nous observons. Par conséquent, le savant ne doit laisser, sans l'examiner, aucune *circonstance accessoire* intervenant sans sa volonté, et il doit étudier toutes les *causes d'erreur*.

Nous devons nous garder tout spécialement d'accepter des *identités*, sans nous convaincre d'abord qu'elles existent réellement. Un chimiste trouve une nouvelle réaction d'une substance, mais la substance est peut-être préparée à l'aide d'un nouveau procédé, elle n'est peut-être pas pure, elle n'est peut-être pas du tout la substance sur laquelle il pensait opérer.

Enfin, nous devons toujours avoir présent à l'esprit que la plus grande *vraisemblance* n'est jamais une *vérité établie*.

Je voudrais clore ces explications par le récit d'un petit événement qui fut pour moi extrêmement instructif. Un dimanche après-midi, mon père nous montrait l'expérience qu'Athanase Kircher décrit comme *Experimentum mirabile de imaginatione gallinæ*, avec un tout petit changement. Malgré sa résistance, un poulet est placé contre le plancher et tenu là pendant une demi-minute. Il se calme; avec de la craie, on trace un trait sur le dos du poulet et sur le sol tout autour de lui. Après cela, le poulet laissé libre reste immobile. Il faut employer des moyens assez éner-

Digitized by Google

giques pour le faire sauter et s'enfuir, « car il s'imagine être lié ». Beaucoup plus tard, parlant de l'hypnose avec mon compagnon de laboratoire, le professeur Kessel, je repensai à l'expérience de Kircher. Ayant fait apporter un poulet, nous refîmes l'expérience avec le plus grand succès ; mais elle réussit également bien quand nous la répétâmes en maintenant tous simplement le poulet contre le sol, et laissant de côté la sorcellerie du trait de craie. Depuis lors, je n'ai plus cru à l'*imaginatio gallinæ*.

Il convient donc de ne pas considérer une seule expérience ou une seule observation comme pouvant démontrer l'exactitude d'une idée qu'elle semble confirmer. Qu'il s'agisse d'une expérience personnelle ou d'une expérience faite d'abord par un étranger, nous devons plutôt faire varier, autant que possible, les circonstances que nous considérons comme décisives, et même celles qui nous paraissent indifférentes. En optique, Newton a employé cette méthode d'une façon exemplaire et féconde, et par là il a fondé la physique expérimentale, comme, par ses Principes de philosophie naturelle, il est devenu le créateur de la physique mathématique. L'un et l'autre, ces deux ouvrages ne peuvent être ni dépassés, ni remplacés en tant que moyens d'éducation pour la recherche scientifique.

Il faut retenir que *ce sont les mêmes fonctions psychiques, fonctionnant selon les mêmes règles, qui nous conduisent tantôt à la vérité, tantôt à l'erreur*, et que, seule, la vérification soigneuse et faite dans tous les sens peut nous garantir de l'erreur.

Digitized by Google

CHAPITRE VIII

Le Concept.

Examinons maintenant de plus près le concept, en tant que formation psychologique. Si quelqu'un constate qu'il ne peut se représenter un homme qui ne soit ni jeune, ni vieux, ni grand, ni petit, bref, un homme en général; si quelqu'un considère que tout triangle qu'il se représente a, forcément, soit un angle droit, soit un angle obtus, soit trois angles aigus, et que, par conséquent, ce n'est pas un triangle général, il en arrivera facilement à penser que ces formations psychiques, que nous appelons concepts, n'existent pas, qu'il n'y a absolument pas de représentations abstraites.

Que les concepts généraux ne soient pas de purs mots, cela résulte nettement de ce que des propositions très abstraites sont comprises et sont correctement appliquées dans des cas concrets. Les innombrables applications du principe : « l'énergie demeure constante », peuvent en fournir un exemple. Mais on s'efforcerait en vain, quand on énonce

Digitized by Google

ou qu'on entend énoncer cette proposition, de trouver dans la conscience un contenu représentatif, intuitif, concret, actuel, qui en *épuise* complètement le sens. Ces difficultés s'évanouissent, si nous tenons compte de cette circonstance que le concept n'est pas une *formation* instantanée, comme une représentation sénsible, simple et concrète, et si nous réfléchissons que chaque abstraction a son histoire, que sa formation psychologique est parfois très longue.

On peut admettre qu'un lièvre est bientôt en possession de la représentation typique d'un chou, d'un homme, d'un chien ou d'un bœuf, qu'il est attiré par le chou, qu'il fuit l'homme et le chien, et que le bœuf le laisse indifférent, par suite des associations immédiates qui se rattachent aux perceptions en question, ou aux représentations typiques correspondantes. Mais, à mesure que l'expérience du lièvre s'enrichit, les réactions *communes* aux objets d'*un* de ces types lui sont mieux connues, réactions qui ne peuvent, *toutes en même temps*, se vivifier dans sa conscience. Si l'animal est attiré par un objet qui ressemble à un chou, il déploiera immédiatement une activité d'explorateur et se convaincra, en flairant et en rongeant, que l'objet présente effectivement les réactions attendues : odeur, saveur, consistance, etc... Effrayé au premier abord par un épouvantail, qui ressemble à un homme, l'animal, qui observe les choses attentivement, s'aperçoit bientôt qu'il y manque des réactions importantes

Digitized by Google

du type homme : le mouvement, le déplacement, l'attitude agressive. Ici se rattachent déjà, d'une façon immédiate, *latente* ou *potentielle*, à la représentation typique, les souvenirs emmagasinés peu à peu dans une foule d'expériences ou de réactions, qui ne peuvent ainsi arriver à la conscience que progressivement.

Voilà où me semble résider la caractéristique du concept, par opposition avec une représentation instantanée individuelle. Cette représentation s'enrichit par des associations et se développe lentement et progressivement pour devenir le concept, de façon à nous présenter un passage continu de la représentation la plus élémentaire au concept. D'après cela, je crois qu'on ne peut contester aux animaux supérieurs la formation de concepts rudimentaires.

L'homme forme ses concepts de la même façon que l'animal ; mais il est puissamment soutenu par le langage et par les relations avec ses compagnons, deux moyens qui n'offrent à l'animal que peu de secours. Dans le *mot*, l'homme possède une étiquette du concept qui peut être généralement saisie d'une façon sensible, même quand la représentation typique devient insuffisante ou n'existe plus. D'ailleurs, *un* mot ne correspond pas toujours à une seule idée. Les enfants et les peuples jeunes, qui n'ont à leur disposition qu'une provision de mots encore restreinte, emploient *un* mot pour désigner une chose ou un phénomène, puis, à la prochaine occasion,

Digitized by Google

emploient le même mot pour désigner quelque autre chose ou quelque autre phénomène, offrant avec le premier quelque *similitude de réaction*. Par là devient floue et changeante la signification des mots. Mais la majorité qui l'emporte ne fait attention qu'à un *petit* nombre de réactions *biologiquement importantes*, et, par là, l'emploi des mots se trouve rendu stable. Chaque mot sert alors à désigner *une seule* classe d'objets (choses ou phénomènes) présentant une réaction déterminée. La variété des réactions *biologiquement importantes* est beaucoup *moindre* que la variété de ce qui existe réellement. Par là, l'homme a d'abord été amené à *classifier* les faits *dans ses concepts*. Le même procédé se reproduit quand, dans une profession, on envisage des faits qui n'offrent plus d'intérêt biologique immédiat. Là aussi, la variété des réactions *importantes* pour le but spécial de la profession est moindre que la variété des faits. Mais, maintenant, les réactions sont *autres* que dans le premier cas. C'est pourquoi chaque état, ou profession, a sa classification particulière abstraite. L'ouvrier, le médecin, le jurisconsulte, l'ingénieur, le savant forment, chacun de son côté, leurs propres concepts ; ils donnent aux mots, par une délimitation ou définition, une signification plus étroite, autre que celle qu'ils ont dans la langue vulgaire ; ou même ils choisissent de nouveaux mots pour désigner certains concepts. Ces mots abstraits, scientifiques, ont pour rôle de rappeler le lien de toutes les réactions de

Digitized by Google

l'objet désignées dans sa définition, et d'attirer ces souvenirs dans la conscience comme au bout d'un fil. Que l'on pense à la définition de l'hydrogène, de la quantité de mouvement d'un système mécanique, ou du potentiel en un point. Chaque définition peut contenir de nouveaux concepts, de telle sorte que, seuls, les derniers concepts, *fondations* de cette construction abstraite, ne peuvent se ramener à des réactions sensibles dont ils sont les signes. La rapidité, la facilité, avec laquelle réussit une telle réduction, dépendent de la connaissance exacte et de l'*habitude* que l'on a du concept. Il faut songer à la façon dont les concepts se sont édifiés, se dire que des années et des siècles ont travaillé à leur formation, et on ne s'étonnera plus que leur contenu ne puisse tenir dans une représentation individuelle d'un instant.

Dans la définition, interviennent les réactions qui suffisent à la détermination du concept. On n'a pas besoin d'introduire dans la définition d'autres réactions qu'on sait couramment être invariablement liées à celles qui y sont contenues. En les y introduisant, on ne ferait qu'encombrer la définition de choses superflues.

Mais il peut, d'ailleurs, arriver qu'en trouvant d'autres réactions de ce genre, on fasse une découverte. Si les nouvelles réactions déterminent à elles seules, le concept, elles peuvent à leur tour servir de définition. Nous définissons le cercle comme la courbe plane, dont tous les points sont à égale distance d'un point donné. Nous n'y ajoutons

Digitized by Google

pas d'autres propriétés du cercle, par exemple l'égalité de tous les angles inscrits dans *un* arc donné, etc. Mais chacune de ces propriétés peut, à elle seule, définir le cercle d'une façon tout aussi complète.

Le même fait ou le même groupe de faits peut, suivant les circonstances, attirer l'intérêt et l'attention sur diverses réactions, sur divers concepts. Un cercle peut être considéré comme section d'un faisceau de droites, comme courbe de courbure constante ; un fil circulaire, comme courbe d'égale tension, comme limite d'une surface, qu'il enferme, etc. Nous pouvons voir dans un morceau de fer un complexe d'impressions sensibles, un poids, une masse, un conducteur de la chaleur ou de l'électricité, un aimant, un corps solide, un corps chimiquement simple, etc.

Chaque profession a ses concepts qui lui sont propres. Le musicien lit sa partition, comme le juge ses lois, le pharmacien ses ordonnances, le cuisinier son livre de cuisine, le mathématicien ou le physicien ses traités. Ce qui n'est pour le profane qu'un mot ou un signe creux, a pour le spécialiste un sens tout à fait déterminé, contient pour lui l'indication de manifestations bien exactement définies d'activité psychique ou physique. Mais ici il est indispensable qu'il soit vraiment du métier. La lecture seule forme aussi peu le spécialiste que la simple audition d'une leçon, fût-elle excellente. Elle ne force pas à vérifier l'exactitude des concepts reçus, tandis que, dans

Digitized by Google

le laboratoire, le contact direct avec les faits et les erreurs sensibles, qui sont commises, contrôlent immédiatement cette exactitude.

Des concepts, fondés sur des faits incomplètement et superficiellement connus par ouï-dire, ressemblent à des constructions vermoulues qui s'effondreront au premier orage. Ils ne contiennent en puissance que des images individuelles mal définies et sans relief, qui mènent à l'erreur d'une façon particulièrement facile : aussi faut-il éviter dans l'enseignement les abstractions prématurées.

La nature du concept se montre avec la plus grande netteté à celui qui commence seulement à dominer une science. Il ne s'est pas assimilé d'une façon instinctive la connaissance des faits fondamentaux, mais il a observé attentivement, soigneusement et à dessein. Il est souvent passé des faits aux concepts et inversement, et il a gardé de ce passage un souvenir très vif, de sorte qu'il peut à chaque instant le refaire et s'arrêter en chacun de ses points.

Il n'en est pas de même des concepts moins bien définis, qui sont désignés par les mots de la langue vulgaire. Là, tout s'est fait instinctivement, sans que nous y ayons coopéré à dessein, aussi bien la connaissance des faits que la limitation du sens des mots. Par un exercice répété, nous arrivons à parler, entendre et comprendre une langue si couramment que tout cela se passe presque automatiquement. Nous ne nous attachons plus à analyser la signification des mots. Rien d'étonnant alors

Digitized by Google

que quelqu'un, à qui on demande tout à coup ce qu'il trouve dans sa conscience à propos d'un mot, et notamment d'un mot de signification abstraite, réponde souvent : « Rien que le mot ». Mais, si une phrase vient à éveiller le doute ou la contradiction, nous tirons aussitôt du fond de nos souvenirs la science potentielle attachée aux mots. On apprend à parler et à comprendre une langue comme on apprend à marcher. Les différents éléments d'une activité, qui nous est devenue familière, s'effacent pour notre conscience.

Étudions de plus près le procédé de l'*abstraction* par lequel se forment les concepts. Les choses (corps) sont pour nous des complexes relativement stables de sensations liées entre elles, dépendant les unes des autres. Mais tous les éléments de ce complexe n'ont pas une égale importance biologique.

Un oiseau se nourrit, par exemple, de baies rouges et sucrées. La sensation sucrée est biologiquement importante pour lui, et son organisme a pour cette sensation une disposition *innée*. Ce même organisme y *associe* peu à peu le caractère rouge, qui est frappant, et se découvre à distance. En d'autres termes, l'organisme présente à l'égard des deux éléments, sucré et rouge, une réaction beaucoup plus sensible. Son attention sera de préférence dirigée vers ces éléments, mais, par contre, négligera d'autres éléments du complexe baie.

Le procédé de l'*abstraction* consiste essentiellement dans le partage de l'attention et de l'intérêt.

Digitized by Google

Par ce procédé, tous les caractères sensitifs du complexe sensible baie, ne sont pas exprimés avec une égale intensité dans l'image de baie, que garde la *mémoire*, et par là cette image se rapproche déjà d'un concept.

Imaginons que les sortes de baies, croissant dans une contrée, soient plus nombreuses et plus difficiles à distinguer; les images mnémoniques *directrices* devront alors présenter des caractères plus nombreux et plus variés. La seule nécessité a pu enseigner à l'homme primitif des réactions d'épreuve particulières à appliquer dans un but déterminé, des critères à retenir pour distinguer les objets utilisables de ceux qui ne le sont pas, si le simple examen avec les sens ne suffit plus. En particulier, c'est le cas dès que, à la place des buts biologiques immédiats, simples et peu nombreux comme la préparation de la nourriture, etc., interviennent des buts techniques et scientifiques, beaucoup plus nombreux et plus variés. Nous voyons ici l'abstraction se développer depuis son rudiment le plus simple jusqu'à son degré le plus élevé, et, au cours de ce développement, tout degré supérieur repose sur le degré inférieur.

Au plus haut degré du développement, le *concept* est la connaissance des réactions que l'on doit attendre de la classe désignée d'objets (faits), connaissance associée au mot ou au terme. Mais ces réactions ne peuvent entrer en jeu, comme représentations intuitives, que l'une après l'autre et peu à peu, ainsi que les formes physiques et psychiques

Digitized by Google

souvent compliquées de l'activité qui les éveillent.

On peut reconnaître un fruit comestible à la couleur, au parfum, au goût. Mais, pour établir que la baleine et le dauphin appartiennent à la classe des mammifères, un simple coup d'œil ne suffit pas ; il faut pour cela une étude anatomique plus poussée. Un regard peut souvent nous fixer sur la valeur biologique d'un objet; mais il faut une forme d'activité plus compliquée pour reconnaître si un système mécanique représente un cas d'équilibre ou de mouvement. Il faut mesurer toutes les forces et tous les petits déplacements correspondants compatibles entre eux, et comptés dans le sens des forces. Il faut multiplier la valeur de chaque force par la valeur du déplacement correspondant, ajouter ces produits, et tenir compte du signe des produits dans cette somme qui représente le *travail*. Si elle est nulle ou négative, on a affaire à un cas d'équilibre; si elle est positive, à un cas de mouvement. Sans doute le développement du concept de travail a une longue histoire, qui commence aux cas les plus simples (levier, etc.), et qui part de cette remarque frappante, que non seulement les poids, mais aussi les grandeurs des déplacements ont une influence sur le phénomène. Celui qui sait qu'on trouve pour le cas d'équilibre statique une somme nulle, pour le cas de mouvement une somme positive, *possède* le concept du *travail* et peut, grâce à lui, distinguer le cas d'équilibre du cas de mouvement. C'est ainsi que peut être présenté chaque concept physique ou chimique.

Digitized by Google

Si lors d'un essai qu'on a en vue, l'objet donne la réaction attendue, il correspond au concept. Selon les circonstances, l'essai peut se réduire à un simple coup d'œil, ou consister en une opération d'une technique compliquée, et la réaction qui s'ensuit peut être une simple sensation ou un processus assez long.

Au concept manque pour deux raisons l'intuition immédiate. D'abord, il embrasse toute une classe d'objets (faits), dont les individus ne se sont pas tous présentés en une fois. Puis leurs caractères communs, qui seuls intéressent le concept, sont généralement tels que nous arrivons successivement à leur connaissance dans le cours du temps, et qu'il nous faut un temps considérable pour les évoquer dans l'intuition actuelle. Avec le sentiment de la *possibilité* certaine *de les reproduire*, *l'intuition potentielle* doit ici remplacer l'intuition actuelle. Ce sont précisément ces circonstances qui rendent le concept très précieux et très convenable pour *représenter* et *symboliser* dans la pensée de grandes classes de faits.

Il est biologiquement très important de constater par l'observation le lien des réactions, — l'aspect d'un fruit et sa valeur alimentaire, par exemple. Toutes les sciences partent de là pour trouver la *fixité* de ces relations, la *liaison* ou l'*indépendance* des *réactions* entre elles. Une classe d'objets (de faits) A donne, par exemple, les réactions *a*, *b*, *c*. Une observation plus poussée fait encore connaître les réactions *d*, *e*, *f*. Si on trouve

Digitized by Google

alors que les réactions a, b, c caractérisent à elles seules d'une façon nette l'objet A, et qu'il en est de même pour d, e, f, la liaison des réactions a, b, c et des réactions d, e, f se trouve établie. C'est ainsi qu'un triangle peut être déterminé aussi bien par les deux côtés a et b, et l'angle compris γ, que par le troisième côté c et les angles adjacents α et β. D'où il suit que dans le triangle, ce dernier groupe de trois éléments est lié au premier, et peut s'en déduire. L'état d'une masse gazeuse donnée est déterminé par le volume v et la pression p, et aussi par le volume v et la température absolue T. Il y a alors entre les trois paramètres p, T, v une équation qui permet de déduire une quelconque de ces trois grandeurs en fonction des deux autres. Les propositions suivantes peuvent encore être citées comme exemples de liaison entre des réactions. « Dans un système, où ne se passent que des phénomènes de conduction, la *quantité de chaleur* reste constante. » — « Dans un système mécanique sans *frottement*, la variation de *force vive*, pendant un instant donné, est déterminée par le travail accompli dans le même temps. » — « *Le même* corps, qui avec le chlore donne du sel de cuisine, donne avec l'acide sulfurique du sel de Glauber. »

L'importance du concept pour la recherche scientifique se comprend facilement. Quand nous classons un fait sous un concept, nous le *simplifions*, en négligeant tous les caractères qui ne sont pas essentiels au but que nous poursuivons. Mais, en même temps, nous *enrichissons* ce fait, parce que

Digitized by Google

nous le faisons participer à tous les caractères de cette classe; les deux motifs économiques, ordonnateurs et simplificatifs mentionnés plus haut, la *permanence* et la *différenciation suffisante*, ne peuvent intervenir avec profit que quand le sujet est déjà morcelé par abstraction.

Nous *réagissons* psychologiquement de la même façon pour des objets appartenant à la même classe de concepts, et de façon différente pour des objets appartenant à des classes différentes : cela devient particulièrement net, s'il s'agit d'objets biologiquement importants. Les *éléments de sensation*, auxquels se laissent ramener en dernière analyse les caractères du concept, sont des faits physiques et psychiques, et la constance du *lien* des réactions que représentent les propositions de la physique est *la plus haute substantialité* que la science ait pu découvrir jusqu'à présent; elle est plus stable que tout ce qu'on a nommé substance.

Notre corps et, en particulier, notre conscience sont des systèmes de faits relativement fermés et isolés. Ce système qu'est la conscience ne répond aux phénomènes du milieu physique que dans une assez faible mesure et dans un petit nombre de directions. Il se comporte comme un thermomètre, qui n'est sensible qu'aux phénomènes calorifiques, comme un galvanomètre, qui ne réagit qu'au passage du courant, bref comme un appareil de physique qui ne serait pas très complet. Cela nous apparaît au premier abord comme un défaut : mais la faible variation de réaction qui correspond à des

Digitized by Google

variations grandes et diverses dans le milieu physique, rend possible une *première* classification *grossière* des phénomènes qui nous entourent, classification à laquelle les corrections ultérieures donnent plus de finesse. En définitive, nous apprenons à connaître les particularités, les constantes, et les causes d'erreur de l'appareil de la conscience comme celles des autres appareils. Nous sommes des choses, *comme* les choses du monde *physique* où nous vivons, et que nous apprenons à connaître aussi *par l'intermédiaire de nous-mêmes.*

Le rôle prédominant de l'abstraction dans la science est évident. Il n'est pas possible de faire attention à tous les détails d'un phénomène, et il n'y aurait pas de bon sens à le faire. Nous observons précisément les circonstances qui ont un *intérêt* pour nous, et celles dont elles paraissent *dépendre*. La première tâche qui s'offre au savant est ainsi *de faire ressortir* dans sa pensée les circonstances qui dépendent *les unes des autres*, et de *laisser de côté* comme accessoire ou indifférent tout ce dont le phénomène qu'il étudie semble *indépendant*. En fait, les plus importantes *découvertes* se font par ce procédé *de l'abstraction*. Apelt le fait remarquer d'une façon frappante quand il dit : « Ce qui est *composé mais particulier* est toujours dans notre conscience avant ce qui est *plus simple mais général*. L'intelligence n'arrive jamais que par abstraction à posséder ce qui est général. L'abstraction est par conséquent la méthode à appliquer pour la *recherche des principes*. » Nous allons considérer

Digitized by Google

de plus près comme exemples de découvertes le principe d'inertie et le principe des mouvements relatifs.

Galilée n'est arrivé que très tard et après toutes sortes de détours à la pleine connaissance du principe de l'inertie. Si, par essence, l'homme n'était qu'un pur *logicien* au lieu d'être avant tout un psychologue, il serait arrivé d'une façon très simple à l'abstraction qui conduit au principe de l'inertie, comme je l'ai montré ailleurs. Dès que l'on a reconnu que les forces sont des circonstances *qui déterminent l'accélération*, il s'ensuit que *sans* forces on ne peut imaginer que des mouvements *sans accélération*, c'est-à-dire rectilignes et uniformes. L'histoire, et même certaines discussions actuelles montrent avec surabondance que la pensée n'entre pas d'elle-même dans des voies si droites et si logiques. Des monceaux de faits différents, des difficultés de toutes sortes, des considérations qui s'entrecroisent et se contredisent sont nécessaires, qu'on nous passe le mot, pour *extorquer* l'abstraction.

Je crois que Galilée a réellement trouvé le principe des mouvements relatifs *par abstraction, en comparant entre eux des faits observés*. Après avoir examiné et analysé le mouvement de corps en chute libre, il devait être frappé de ce que le mouvement de chute près d'une tour immobile semble se produire exactement comme semble se produire, pour l'observateur situé sur un bateau animé d'une grande vitesse, le mouvement de chute près du

Digitized by Google

mât de ce bateau. Cela le menait aussitôt à concevoir le mouvement de chute comme la combinaison d'un mouvement horizontal uniforme avec un mouvement vertical accéléré. Les généralisations et les applications ultérieures ne présentaient plus de difficultés.

Les écrits de Galilée montrent clairement qu'il avait imaginé la forme de la loi de la chute des corps comme une hypothèse, qu'il avait devinée juste, et qu'il a confirmée par l'*expérimentation*. C'est même parce qu'il se basait sur l'*observation* que Galilée est devenu le fondateur de la physique *moderne*.

Les lois du mouvement, établies par Newton dans les *Principes*, et sur lesquelles nous reviendrons encore ailleurs, sont d'excellents exemples de découvertes faites par abstraction. Nous avons déjà parlé de la première loi (loi de l'inertie). Si nous faisons abstraction de la tautologie qu'implique la deuxième loi (*mutationem motus proportionalem esse vi motrici impressæ*), le contenu caché de cette proposition n'est pas expressément dégagé et représente justement la découverte *la plus importante* acquise par abstraction : c'est la supposition que toutes les circonstances qui déterminent les *mouvements* (forces) impriment au corps des *accélérations*. Comment vint-on à cette notion, dont la preuve donnée par Galilée ne s'appliquait directement qu'à la pesanteur? D'où savait-on que c'était vrai aussi pour les forces électriques et magnétiques ? On pouvait bien penser : la *pression*

Digitized by Google

est commune à toutes les forces quand on s'oppose au mouvement; la pression aura toujours les mêmes conséquences, quelle que soit son origine; ce qui est vrai pour une *pression* sera vrai pour les *autres*. Cette double conception de la force, comme origine des accélérations et comme pression, me paraît être aussi la source de la tautologie, qui se montre dans l'expression de la deuxième loi. Je crois d'ailleurs que, pour apprécier correctement de tels concepts, on doit les considérer comme quelque chose de *hasardeux au point de vue intellectuel*, quelque chose qui a besoin d'être justifié pour le *succès*. Qui nous garantit que dans nos abstractions nous faisons attention aux circonstances *vraiment importantes*, et que celles que nous laissons de côté sont réellement indifférentes? L'intelligence de génie se différencie de l'intelligence normale précisément par la *prévision* sûre et rapide *du succès* d'une méthode intellectuelle. Sous ce rapport, les grands savants, les grands artistes, les grands inventeurs, les grands organisateurs, etc., doivent être placés au même rang.

Ne restons pas avec nos exemples dans le domaine de la mécanique, et considérons la découverte de Newton pour la dispersion de la lumière. En séparant *avec plus de soins* les lumières de différentes couleurs et d'indices de réfraction inégaux qui composent la lumière blanche, Newton a d'abord reconnu que la lumière est constituée par des radiations différentes *indépendantes les*

Digitized by Google

unes des autres. La deuxième partie de la découverte semble avoir été acquise par abstraction, et la première par le procédé inverse ; toutes deux reposent sur la capacité et la liberté qu'a le savant de *tenir compte* des circonstances, ou de les *négliger* à sa guise et suivant son but. L'indépendance des radiations, établie par Newton, a une signification analogue à celle de l'indépendance des mouvements relatifs, et de l'indépendance des radiations calorifiques de Prévost, qui conduisirent à la connaissance de l'équilibre mobile de température et à beaucoup d'autres conceptions que Volkmann a désignées sous le nom d'*isolation*. De telles conceptions sont essentielles pour simplifier la science.

Mais si les concepts ne sont pas de purs mots, s'ils ont leurs racines dans les faits, il faut néanmoins se garder de tenir pour *équivalents* les concepts et les faits, et de confondre les uns avec les autres. De lourdes erreurs sont la suite de ces confusions, comme aussi des confusions entre les représentations intuitives et les impressions des sens; mais les premières sont beaucoup plus généralement dangereuses. La représentation est une formation à laquelle ont essentiellement contribué les besoins d'un homme isolé, tandis que les concepts, influencés par les besoins intellectuels de l'humanité prise dans son ensemble, portent l'empreinte de la civilisation de leur temps. Si nous confondons des représentations et des concepts avec des faits, nous identifions quelque

Digitized by Google

chose de plus pauvre ou quelque chose qui ne sert qu'à un but déterminé avec quelque chose de plus riche et d'inépuisable. Nous négligeons de nouveau la limite U, et, dans le cas où il s'agit de concepts, nous devons imaginer cette limite comme enfermant *tous* les hommes intéressés. Les déductions *logiques* de nos concepts *se soutiennent* tant que nous *maintenons* ces concepts; mais nous devons toujours être prêts à *corriger* les concepts *eux-mêmes* en tenant compte des faits. Enfin, nous n'avons pas le droit d'admettre que ce qui correspond à nos concepts est une permanence *absolue*, là où notre recherche ne peut trouver que la permanence de relations entre des réactions.

Sous une forme différente, et indépendamment de moi, J.-B. Stallo a exposé des idées qui s'accordent en principe avec ce qui vient d'être dit. Voici comment on peut condenser ses conclusions :

1° La pensée ne s'occupe pas des choses telles qu'elles sont en elles-mêmes, mais de leurs représentations intellectuelles (concepts).

2° Les objets ne nous sont connus que par leurs relations avec d'autres objets. La relativité est ainsi un attribut nécessaire des objets de notre connaissance (par concepts).

3° Un acte de pensée particulier ne renferme jamais en lui-même l'ensemble de toutes les propriétés connaissables d'un objet, mais seulement les relations qui se rapportent à une classe particulière.

De la négligence de ces principes, viennent,

Digitized by Google

comme Stallo l'a montré, plusieurs *erreurs* très répandues, naturelles, et ayant pour ainsi dire leur origine dans notre organisation psychique. On peut citer comme telles :

1° Tout concept est le pendant d'une réalité objective discernable ; il y a autant de choses que de concepts.

2° Les concepts les plus généraux et les plus compréhensifs, et les réalités qui leur correspondent sont antérieurs à ceux qui sont moins généraux ; ces derniers concepts et les réalités qui leur correspondent se forment ou se développent à partir des premiers par adjonction de caractères.

3° L'ordre dans lequel les concepts naissent l'un après l'autre, est identique à celui dans lequel naissent aussi les choses.

4° Les choses existent indépendamment de leurs relations.

Dans l'opposition entre la matière et le mouvement, la masse et la force, en tant que réalités particulières, Stallo voit la *première* des erreurs signalées ; dans l'addition du mouvement à la matière inerte, la *seconde*. La théorie dynamique des gaz est fondée sur la théorie des corps solides, puisque les solides nous sont d'abord plus familiers que les gaz. Mais si l'on considère l'atome solide comme quelque chose de primordial, d'où l'on doit tout déduire, on tombe dans la *troisième* des méprises précitées ; comme J. F. Fries l'a déjà remarqué, les propriétés des gaz sont en réalité beaucoup plus simples que celles des

Digitized by Google

liquides et des solides. Stallo, comme exemples de la *quatrième* faute, cite les hypostats de l'espace et du temps, qui interviennent notamment dans la théorie newtonienne de l'espace absolu et du temps absolu.

Je dois encore dire bien haut que les critiques de Stallo et les miennes ne sont jamais dirigées contre les *hypothèses*, qui ne sont que des méthodes de travail scientifique, mais seulement contre des absurdités de la théorie de la connaissance. Mes explications partent toujours de questions de détail pour s'élever à des considérations plus générales, tandis que Stallo suit le chemin exactement inverse. Il parle plutôt aux philosophes; je m'adresse plutôt aux savants.

Digitized by Google

CHAPITRE IX

Sensation, Intuition, Imagination.

C'est des sensations et de leurs combinaisons que sortent nos concepts; leur rôle, dans un cas donné, est de nous conduire par les voies les plus commodes et les plus rapides à des représentations sensibles qui soient en parfait accord avec les sensations. Ainsi toute la vie intellectuelle part des sensations pour y revenir. Les représentations sensibles sont pour ainsi dire les véritables *ouvriers;* mais les concepts sont les *organisateurs* et les surveillants qui assignent aux ouvriers leur place et leur tâche. S'agit-il d'opérations simples, l'intelligence s'adresse immédiatement aux ouvriers, mais, pour les entreprises plus considérables, elle se tourne vers ces ingénieurs directeurs, qui pourtant lui seraient inutiles, si elle n'avait eu soin auparavant d'enrôler des ouvriers. Déjà, grâce à sa vie de représentation, l'animal n'est plus complètement dominé par l'impression du moment. Si le souci de l'homme civilisé pour l'avenir dépasse

Digitized by Google

celui du sauvage, il le doit à ses concepts et à l'abondance des représentations organisées en concepts. Nous sentons journellement combien l'action des représentations est plus immédiate que celle des concepts. Nous ne refusons guère une aumône à un malheureux que nous rencontrons personnellement, tandis qu'une demande de secours imprimée reste bien souvent vaine. Nous ne ferions pour les pauvres ni bals, ni batailles de fleurs, s'il n'existait pas de différence entre le concept et la représentation sensible. Le rentier avare défend au pauvre mendiant de s'asseoir devant sa porte « car ses gémissements lui brisent le cœur ». Il s'accommode mieux de la misère abstraite. Les sensations sont vraiment les *premiers moteurs* tandis que souvent les concepts ne s'y rattachent que par d'autres intermédiaires abstraits.

Les sens ont *directement* fourni à l'homme tout ce que l'homme a pu apprendre de la nature *avant* l'emploi des outils. Ceci s'exprime encore assez nettement dans la division actuelle de la physique, division dont l'origine est historique et qui commence à s'ébranler, car elle n'est plus suffisante. Mais, dès qu'on se sert d'outils, on peut, d'après la conception de Spencer, regarder tous les appareils d'observation comme des prolongements artificiels des sens, toutes les machines comme une extension artificielle des organes du mouvement.

Les organes des sens sont en général des organes

Digitized by Google

très sensibles, ce qui tient à ce qu'ils ne reçoivent pas les excitations physiques comme des objets inanimés, mais que les excitations mettent en liberté des énergies accumulées dans ces organes, chose qui n'arrive qu'exceptionnellement dans certains appareils de physique, microphone, relai télégraphique, etc.

La sensibilité des organes des sens peut donc être égalée sous certains rapports, et même surpassée sous d'autres rapports, par des appareils de physique. Le physicien arrive à mesurer des réactions si délicates qu'elles lui seraient toujours restées inconnues, s'il n'avait recours à des artifices.

La physique connaît aussi le moyen de remplacer un sens par les autres. Les méthodes optiques nous permettent de voir les phénomènes sonores et inversement, nous pouvons rendre sensibles à l'oreille les phénomènes lumineux (méthodes vibroscopiques, photophone, etc.) La chaleur, qui n'est connue immédiatement que par le sens du toucher, devient sensible à l'œil à l'aide du thermomètre. Et même des phénomènes, qui immédiatement ne seraient perceptibles à aucun de nos sens, peuvent être *vus* à l'aide du galvanomètre et du magnétomètre, par exemple, des courants électriques très faibles ou des variations de l'intensité magnétique, que nous ne pouvons ni voir, ni entendre, ni toucher. Remarquons que ce sens de la vue intervient la plupart du temps quand il s'agit de réactions très fines.

Il ne faut pas oublier que des phénomènes, qui

Digitized by Google

échapperaient en réalité complètement à *tous* nos sens, ne seraient et ne pourraient jamais nous être *révélés*. A proprement parler, il s'agit donc d'appliquer des moyens artificiels à l'étude de réactions plus nombreuses, plus variées et plus finement nuancées, mais qui tombent sous un de nos sens naturels.

Prenons comme exemples une orange, puis un cristal de sel de cuisine, un morceau de platine et de l'air. Sans aucun dispositif artificiel, le premier de ces corps réagit sur tous nos sens. Au second, manque la réaction sur l'odorat, et, au troisième, manque en plus la saveur. L'air est même invisible pour nous; nous pouvons tout au plus sentir s'il est froid ou chaud, et, par suite d'un mouvement assez violent, il peut affecter notre toucher sous forme de vent. Nous ne nous convainquons bien de sa matérialité que si nous l'enfermons artificiellement dans une outre, et cette expérience est, en fait, une des plus vieilles de la physique. Par divers artifices, nous pouvons pour chacun de ces quatre corps produire diverses réactions caractéristiques. Les corps ne sont donc pas autre chose que des *faisceaux de réactions régulièrement liées entre elles*. Il en est de même de tous les phénomènes, que notre besoin de vues d'ensemble nous fait classer et nommer. Qu'il s'agisse d'ondes liquides, que nous pouvons percevoir par la vue ou le toucher, ou d'ondes sonores se propageant dans l'air, que nous entendons et que nous pouvons artificiellement rendre visibles, ou encore d'un courant électrique

Digitized by Google

dont nous ne pouvons reconnaître les réactions que par des artifices, ce qui est constant, c'est toujours la *dépendance* régulière des réactions entre elles, et cela seulement. C'est là la *notion de substance expliquée au point de vue critique*, qui remplace scientifiquement la notion vulgaire de substance. Cette notion vulgaire était d'ailleurs sans inconvénient pour la vie journalière. Elle était même, sous certains aspects, très utile ; sans cela elle ne se serait jamais développée instinctivement. Mais elle joue, en physique scientifique, le même rôle trompeur que la chose en soi en philosophie.

Wiener imagine un être intelligent doué de sens différents des nôtres. Des éléments nerveux, entourés de corps magnétiques suffisamment puissants, représenteraient, par exemple, un sens magnétique analogue à celui que Kreidl a pu artificiellement produire chez des crustacés. L'œil serait sensible pour les radiations infra-rouges, au lieu de l'être pour celles de plus courte longueur d'onde. Alors on pourrait faire des lunettes en employant des lentilles d'ébonite, etc. Par des considérations de ce genre (et elles ne me déplaisent pas), Wiener pense pouvoir s'affranchir de la nature particulière de nos sens et acquérir une vue d'ensemble d'une théorie physique *unitaire*. Voici mon opinion sur ce point : je me représente tous les êtres organisés, au moins ceux qui sont sur la terre, comme très proches parents les uns des autres, et, par suite, je crois que les sens de l'un ne sont que de simples variations des

Digitized by Google

sens de l'autre. Les sensations, que nous donnent nos sens actuels, demeureront certainement toujours les éléments fondamentaux de notre monde physique et psychique. Mais cela n'empêche pas nos théories physiques d'être indépendantes de la qualité particulière de nos sensations. Nous faisons de la physique en excluant les variations de l'observateur, en pratiquant de nouvelles corrections ou en les éliminant de quelque façon. Nous comparons les phénomènes physiques *entre eux* de façon à obtenir seulement l'*égalité* ou l'*inégalité* d'une réaction sensorielle, mais la particularité de la sensation n'intervient plus pour la relation trouvée, exprimée par des équations. Par là, le résultat de la recherche physique devient valable non seulement pour tous les hommes, mais même pour des êtres doués d'autres sens, à condition que nos sensations ne soient pour eux que les indications données par une certaine espèce d'appareils de physique. Seulement, nos sensations ne seraient en aucune façon directement intuitives pour ces êtres, qui seraient obligés de les traduire dans le langage de *leurs* sensations, comme *nous* représentons graphiquement des phénomènes qui pour nous ne sont pas intuitifs.

Dans ce qui précède, nous avons surtout envisagé les diverses sensations et leur signification. Nous nommons, par excellence, *intuition* tout le système des sensations coordonnées dans l'espace et le temps, que nous offre le sens de la vue, par lequel nous reconnaissons d'un coup d'œil la distribution

Digitized by Google

des corps ou de leurs mouvements réciproques. Le mot porte nettement sa marque d'origine[1]. Pour celui qui voit, l'intuition visuelle est de beaucoup la plus importante : c'est par elle qu'il apprend le plus, et elle lui permet d'apprendre beaucoup à la fois. Les exemples d'aveugles très intelligents, comme le géomètre Śaunderson, nous montrent pourtant qu'avec le sens du tact on peut aussi acquérir d'une façon rapide une vue d'ensemble bien ordonnée, à laquelle conviendrait le nom d'intuition tactile. Aux musiciens habiles, on ne peut dénier une sorte d'intuition d'ensemble des mouvements rythmés dans le temps, et de la distribution ou du mouvement des voix. Des deux calculateurs prodiges, Inaudi et Diamandi, le premier appartenait au type *auditif*, le second au type *visuel*. Le premier avait commencé ses exercices alors qu'il ne savait pas encore lire, il se représentait les noms auditivement. L'autre au contraire, avant de commencer ses exercices, avait fréquenté l'école et appris à écrire. Diamandi avait une intuition visuelle *spatiale;* Inaudi, une intuition auditive *temporelle*. Nous ne parlerons pas de ce qui peut exister d'analogue pour d'autres sens, comme Forel le pense, par exemple, pour l'odorat très développé des chiens et des fourmis.

Sans aucun doute, après les diverses sensations, c'est l'intuition qui a d'abord mis en mouvement les représentations et les actions, alors que la pensée

1. Anschauung-Intuitio.

Digitized by Google

abstraite était encore très en retard. Organiquement, l'intuition est plus ancienne et plus solidement établie que la pensée abstraite. Nous embrassons d'un regard la forme d'un terrain, et, sans plus, nous marchons convenablement sur ce terrain, nous écartons une pierre qui roule, nous tendons la main à un compagnon qui tombe, nous saisissons un caillou qui nous intéresse, sans avoir besoin d'y réfléchir. C'est l'objet de l'intuition qui donne naissance aux premières représentations nettes, aux premiers concepts, aux premières opérations de la pensée. Lorsque c'est possible, il est toujours avantageux de soutenir par l'intuition la pensée abstraite. On étaye ainsi les nouvelles acquisitions de l'*individu* par les acquisitions déjà éprouvées de l'*espèce*.

Les arts graphiques, spécialement la photographie et la stéréoscopie, permettent aujourd'hui de se procurer facilement un nombre considérable de vues qu'on n'aurait pu rassembler, il y a un siècle, qu'à grands frais. La photographie des couleurs et le cinématographe nous rapprocheront encore davantage de la nature, tandis qu'au point de vue acoustique, le phonographe rivalisera avec les instruments d'optique qui l'ont devancé. La science a même trouvé les moyens de faire entrer dans le domaine de l'intuition sensible, des objets qui lui sont naturellement inaccessibles. La photographie instantanée fixe toutes les phases d'un mouvement, trop rapide pour être observé directement, elle annule la vitesse et saisit pour ainsi dire l'objet au vol. Marey, Anschütz, Muybridge ont

Digitized by Google

fixé les phases des mouvements des animaux. Des méthodes plus délicates ont permis d'obtenir, d'une façon durable, des images d'ondes sonores et de projectiles en mouvement, etc. La méthode des séries d'images est depuis longtemps appliquée à l'observation des mouvements périodiques rapides (stroboscopie). Il y a des mouvements dont la vitesse correspond à notre intuition sensible naturelle : le cinématographe les reproduit avec leur vitesse propre. Les mouvements trop rapides pour être vus directement, comme les mouvements du vol des insectes, les vibrations acoustiques, etc., peuvent être ralentis à volonté à l'aide des séries d'images. Au contraire, les modifications trop lentes pour être vues sans artifice, comme le développement d'une plante, d'un embryon, d'une ville, etc., peuvent dans le cinématographe se dérouler aussi vite qu'on le désire. Si l'on représentait au cinématographe l'image d'un enfant qui grandit, passe par la fleur de l'âge, puis vieillit et meurt, ce spectacle serait plus efficace que le plus frappant des sermons de pénitence.

L'opposition entre le ralentissement et l'accélération dans le temps est analogue à celle qui existe entre l'agrandissement et la réduction dans l'espace. En regard du microscope tant employé, nous devons placer la réduction des images auxquelles on fait moins attention, mais qui est tout aussi importante, qui nous permet de voir de grands objets et que nous employons dans les cartes géographiques par exemple. Et même, dans ce dernier

Digitized by Google

cas, nous introduisons dans le domaine de l'intuition ordinaire pratique des objets que nous reconnaissons difficilement par abstraction. C'est pour soutenir la pensée abstraite que nous recourons aux graphiques, que tracent les appareils enregistreurs, et aux courbes qui représentent géométriquement des résultats déjà acquis, etc. Un seul exemple suffit pour rendre sensible l'importance qu'il y a à faire entrer dans l'intuition un domaine de faits. On sait quelle peine dut se donner Kepler pour construire d'après des données abstraites, les orbites planétaires elliptiques. Il n'eut guère fallu qu'un simple coup d'œil pour deviner la vérité si, en les représentant à une échelle réduite dans le temps et l'espace, on avait rendu ces mouvements intuitifs.

Le souvenir vient de l'intuition. Si tout, dans ma représentation, présente les mêmes relations que dans le fait que j'ai vécu, j'appelle cela un souvenir.

Des influences accessoires peuvent former, entre certains éléments des souvenirs, des associations qui ne se sont jamais rencontrées dans les événements de notre existence. Nous les appelons des représentations imaginatives (*Phantasie-vorstellungen*). Si je n'avais vu, dans ma vie, qu'un seul chien, et si aujourd'hui je me représentais un chien, ce chien aurait probablement tous les caractères qui ont éveillé mon attention lorsque je l'ai observé. Mais j'ai vu un très grand nombre de chiens différents et d'autres animaux ressemblant

Digitized by Google

au chien. Par suite, le chien que je me représente diffère de chacun des chiens que j'ai vus. L'imagination créatrice agit en combinant des associations qui appartiennent à *différents* événements de la vie. Ces simples considérations montrent qu'on ne peut pas tracer une ligne de démarcation absolue entre souvenir et imagination. Il n'y a pas d'événement si isolé, que d'autres événements n'en puissent influencer le souvenir. Tout souvenir est à la fois « Poésie et Vérité ». D'autre part, les éléments du souvenir peuvent être, la plupart du temps, *mis en évidence* dans les produits de l'imagination.

Un enfant regarde un boiteux. « Le pauvre homme est monté sur un grand cheval; il est tombé et il s'est abîmé la jambe contre une pierre. » Voilà une histoire qu'un enfant de trois ans et demi imagine facilement, en faisant appel à ses souvenirs. Un autre enfant, âgé de trois ans, souhaite de vivre comme un poisson dans l'eau, ou comme une étoile dans le ciel. Si un enfant appelle un goulot de bouteille une porte, une petite monnaie un enfant de dollar, et s'il s'écrie, en voyant le gazon couvert de rosée : « L'herbe pleure ! » faut-il y voir une création de l'imagination ? Je me suis souvent posé la question, en observant mes enfants. Tant que son langage se développe, l'enfant a peu de mots à sa disposition, et, comme le sauvage, il parle poétiquement par nécessité : toutes les ressemblances l'incitent à transposer la signification des mots. L'imagination

Digitized by Google

du sauvage, comme celle de l'enfant, tire ses cosmogonies des éléments dont il a gardé le souvenir. Araignées et sauterelles, grenouilles et crapauds géants y jouent un grand rôle. La petite fille d'un intendant, chargée de la basse-cour, demande si les étoiles sont des œufs que la lune a pondus : voilà un bel exemple de la façon dont se forment les cosmogonies naïves.

Celui qui connaît l'histoire du développement de la science, ou qui a lui-même pris part à la recherche, ne peut douter que le travail scientifique demande une imagination très forte. Cette sorte d'imagination est, d'ailleurs, différente de celle de l'artiste. Tous les contemporains de Galilée savaient que le son se propage plus lentement que la lumière, et que, si l'on observe un charpentier qui travaille dans le lointain, on *voit* le coup de marteau avant de l'*entendre*. Ici, c'est la lumière, incomparablement plus rapide, qui sert à noter le moment de la production du son. Pour déterminer la vitesse de la lumière, ce procédé n'est plus applicable. Comment marquer le temps où la lumière commence ? Galilée imagine la lumière partant d'un observateur A, qui découvre tout à coup sa lanterne, arrivant à un observateur B, et renvoyée à A par B, qui découvre à son tour sa lanterne, de sorte que A puisse lui-même marquer le départ et l'arrivée de la lumière pour un trajet égal au double de la distance qui sépare A de B. Cette disposition ingénieuse est due à l'imagination qui combine et qui tient compte de toutes

Digitized by Google

les conditions. Peut-être le souvenir de l'écho est-il intervenu. Galilée sans doute, jugea l'expérience impraticable, à cause de la grande vitesse de la lumière; mais Fizeau, plus de deux cents ans après, put continuer ce qu'avait commencé l'imagination de Galilée. Il songea à remplacer l'observateur B par un miroir renvoyant la lumière vers A, et enfin à placer en A et B des lunettes pour diminuer les pertes de lumière.

La lumière et le bruit de l'étincelle électrique éveillent chez Franklin l'idée que le tonnerre et l'éclair sont de nature électrique. Il conçoit le désir très vif de s'emparer de cette électricité qu'il devine. Mais comment y arriver? Une tige conductrice ne monte pas assez haut, et il ne peut bâtir une tour de Babel. Alors il songe aux cerfs-volants. Il munit un de ces cerfs-volants d'une pointe métallique et d'une corde de chanvre, qui porte une clef à son extrémité inférieure. A l'approche d'un orage, il lance le cerf-volant et interpose, entre la corde de chanvre et sa main, un bout de cordon de soie. La pluie rend conductrice la corde de chanvre : Franklin peut tirer des étincelles de la clef et, grâce à elles, charger des bouteilles de Leyde; en un mot, mettre le « feu électrique » en bouteille. Un ballon captif pourrait, aujourd'hui, remplacer le cerf-volant.

On peut encore citer la combinaison, faite par Newton, d'une lentille convexe et d'une glace plane, qui donne immédiatement toutes les couleurs des lames minces, et permet de déterminer facilement

Digitized by Google

l'épaisseur qui correspond à chaque couleur. Mentionnons, enfin, les cavaliers de Sauveur, destinés à montrer les nœuds d'une corde vibrante, le miroir tournant de Wheatstone, les flammes acoustiques de König, etc.

Déjà, dans les cas mentionnés plus haut, qui sont des solutions de problèmes expérimentaux, nous n'avons pas affaire uniquement à des représentations sensibles, mais aussi à des concepts. Dès que l'on a acquis des concepts familiers, fixés par des mots, des signes, des formules ou des définitions, ces concepts représentent en même temps des objets de la mémoire, du souvenir, de l'imagination. On peut même exercer son imagination sur des concepts, fouiller leur domaine en se laissant guider par l'association, et faire un choix convenable selon les conditions du problème. Cela arrive spécialement quand on s'attaque à un problème théorique, si l'on s'aperçoit que l'on peut former des concepts qui éclairent tout et donnent la clef de la solution. Dans ses recherches sur l'hydrostatique, Stevin remarque que la solidification d'une portion quelconque d'un liquide en équilibre ne trouble pas l'équilibre, mais, par contre, ramène toute une série de problèmes d'hydrostatique à des problèmes déjà résolus dans la statique des corps solides.

Les lois de Kepler sont trouvées, et Newton cherche à résoudre l'énigme qu'elles posent. La trajectoire courbe des planètes (première loi) lui fait voir qu'il existe une force attractive émanant

Digitized by Google

d'un point intérieur à la trajectoire. La loi des aires (deuxième loi), qui s'applique au soleil, lui permet d'aller plus loin, et lui montre que le soleil est précisément ce point. La troisième loi, $r^3/t^2 =$ *constante*, où r, désigne l'éloignement et t la durée de la révolution de la planète, ne s'accorde avec l'expression $\varphi = 4r\,\pi^2/t^2$, donnée par Huyghens pour l'accélération centrale, que si $\varphi = k/r^2$. Une force centrale inversement proportionnelle au carré de la distance résout donc toute l'énigme posée par Kepler.

Les lois de la réflexion et de la réfraction de la lumière s'expliquent pour Huyghens par la notion de la résultante des actions d'ondes élémentaires, dont la vitesse est déterminée par le milieu où elles se propagent.

Les lois quantitives de Malus pour la polarisation de la lumière, l'analogie des couleurs fournies par les larmes cristallines bi-réfringentes avec les couleurs des lames minces, et les formules de Biot pour les premières sont expliquées d'un seul coup et rattachées les unes aux autres par la conception de Yung et de Fresnel, qui admettent une relation entre les oscillations transversales de la lumière et la cohésion du milieu où elles se propagent.

La loi de l'association nous a *suffi* pour expliquer l'activité de l'imagination du savant, que nous venons d'examiner. Mais l'imagination de l'artiste présente dans ses manifestations certaines *particularités* qu'il nous faut étudier d'un peu plus

Digitized by Google

près. L'association ne se limite pas aux phénomènes de conscience. *Tous* les phénomènes de l'organisme, qui ont pu se produire ensemble, ont une tendance à s'associer d'une façon durable. C'est ainsi que des mouvements, des sécrétions, etc., s'associent par l'habitude. L'association est la liaison, temporairement acquise dans le temps, de fonctions organiques différentes entre elles, l'excitabilité, acquise dans le temps, d'une activité organique par une autre, l'adaptation dans le temps des parties de l'organisme les unes aux autres par les circonstances de la vie individuelle, et au service de l'individu tout entier. Mais la liaison des organes, qui rend possible cette action réciproque, ne se constitue pas seulement par la vie de l'individu. Elle est déjà donnée pour toute la vie à l'organisme, au moins en grande partie, par l'hérédité. Par là existe déjà un état d'action réciproque (les mouvements réflexes par exemple), qui s'accroît quand l'organisme se développe (puberté), et que les acquisitions, faites à un certain moment dans le cours de la vie de l'individu, ne font que modifier.

La vie ne serait absolument pas possible s'il n'y avait que des associatious au sens ordinaire du mot; mais il faut se rendre compte que les organes sont là les uns pour les autres, se servent les uns les autres, et que pourtant chacun d'eux a sa vie *propre autonome*. Cette vie se manifeste dans leurs *énergies*, *spécifiques*, qui peuvent être modifiées par un excitant extérieur ou par d'autres organes, mais qui, dans l'ensemble, ont un caractère déter-

Digitized by Google

miné, et qui peuvent, à l'occasion, se montrer autonomes. Ainsi, la vue ou l'ouïe ou tout autre organe des sens peut produire des sensations, qui se développent généralement sous l'influence d'une excitation physique, mais peut spontanément, donner des *hallucinations* sous l'influence de conditions vitales, qui sont encore à étudier de plus près. L'écorce cérébrale peut produire des idées fixes, un muscle, se contracter sans innervation volontaire, une glande, sécréter sans son excitant habituel. Ce sont les hallucinations qui, à vrai dire, nous font reconnaître les sensations comme des états de notre propre corps. C'est en ne voyant que cette vérité, et en en exagérant l'importance que les philosophes ont construit leurs systèmes simplistes (solipsisme).

On envisage généralement comme caractère de l'imagination créatrice artistique, la *néo-formation* spontanée et sans efforts de ses créations, ce qui exclut l'imitation pure et simple de la vie. A cela s'ajoute la soudaineté avec laquelle une création s'offre à l'artiste, au moins dans ses grands traits, soit comme une hallucination directe, soit sous une forme très voisine de l'hallucination. Mais il ne faudrait pas prendre pour règle ce qui est accidentel, ni remplacer par des exagérations une conception scientifique simple. Croit-on qu'un Beethoven ou un Raphaël aurait pu naître chez des sauvages ? Cette question fait immédiatement sentir que tout le caractère des créations de ces grands artistes est fortement déterminé par l'art

Digitized by Google

qui les a précédés. Celui que fait suffisamment vibrer une symphonie de Schumann ou une poésie de Heine, y reconnaît les traces d'un art plus ancien. On accordera facilement qu'une bonne part du charme de ces chefs-d'œuvre se trouve dans les variations inattendues de vieux thèmes, qui nous surprennent agréablement.

Peut-on commencer une découverte scientifique par une hallucination ? Peut-être Gœthe a-t-il été conduit ainsi à la métamorphose des plantes. Il y a de rares exceptions, mais en général on doit appliquer ici ce que j'ai dit pour les rêves.

Je suis, par ma propre expérience, très familiarisé avec les hallucinations et les rêves, et il m'est arrivé plus d'une fois de rencontrer des images optiques ou musicales susceptibles d'une application artistique. Par contre, je ne connais aucun cas de découverte scientifique faite par hallucination, ni dans les grands exemples classiques de l'histoire, ni dans ma propre expérience. Les cas ne sont pas rares où l'on entrevoit soudain la façon de résoudre un problème, et j'en ai rencontré moi-même ; mais, si l'on y regarde de près, on trouve toujours qu'au préalable on a fouillé la question par un long travail, ou bien, que, sans peine et comme en se jouant, mais dominé par un intérêt orienté tout spécialement, on a rassemblé des données qui, avec une dernière trouvaille, forment un tout. Pourquoi l'art et la science se comportent-ils si différemment sur ce point ? L'art reste surtout sensible et s'adresse

Digitized by Google

principalement à *un* sens. Tout sens pris en particulier peut s'halluciner. Mais la science a besoin de concepts. Y a-t-il des hallucinations de concepts? Comment pourraient-elles se produire? Pouvons-nous attendre, comme présent d'un organisme inconscient, la dernière acquisition intellectuelle de l'homme, le concept scientifique, qui, par sa nature même, est formé à dessein par un travail conscient ?

Pour terminer, considérons, une fois encore, le rapport du concept avec l'intuition et la sensation. L'avantage des concepts familiers qui n'ont pas été transmis par des paroles et des lectures, mais qu'on a acquis soi-même, consiste dans la facilité avec laquelle ils éveillent les intuitions et les sensations, qu'ils contiennent potentiellement, et que l'on peut facilement emmagasiner de nouveau dans des concepts.

Que celui qui pense à ses braves ancêtres, ou se figure volontiers le bel avenir de ses descendants, transforme inversement ces représentations intuitives en *concepts*. Chacun de nous a deux parents, quatre grands-parents, huit bisaïeuls, et, en continuant ainsi le calcul pour quelques siècles, on arrive à une population si considérable qu'aucun pays ne pourrait la contenir. Puisque chacun ne peut avoir ses braves ancêtres *particuliers*, il doit forcément compter dans sa parenté, parmi les ancêtres communs, un nombre important de voleurs, d'assassins, etc., dont il lui faut accepter les héritages psychiques. Si quelqu'un laisse modestement trois

Digitized by Google

enfants, si ceux-ci font de même, etc., leur descendance remplira la terre en quelques siècles. Il s'ensuit que la plupart d'entre eux en arriveront à lutter pour l'existence, ce qui ne se fait pas toujours par les moyens les plus nobles.

Peut-être ce simple exemple de la traduction des intuitions en concepts fera-t-il penser que le souci égoïste et irréfléchi pour ses propres descendants repose sur une *illusion*, et qu'il vaudrait mieux le remplacer par le souci concernant l'humanité.

Celui qui possède un système de concepts richement fourni, tenant compte de ses intérêts, système qu'il s'est approprié par le langage, l'éducation et l'instruction, possède de grands avantages sur celui qui n'a été formé que par de pures perceptions. Mais celui à qui manquerait la capacité de traduire rapidement et couramment ses représentations en concepts et réciproquement, pourrait à l'occasion être induit en erreur par ses concepts : ceux-ci pourraient alors devenir pour lui une vaine surcharge de préjugés.

Digitized by Google

CHAPITRE X

Adaptation des pensées aux faits et des pensées entre elles.

Les pensées s'adaptent peu à peu aux faits, de façon à en donner une image suffisamment exacte pour les besoins biologiques. Naturellement, l'exactitude de l'adaptation ne dépasse pas ce qu'exigent les intérêts du moment et les circonstances dans lesquelles elle se produit. Mais, les intérêts et les circonstances changeant d'un cas à l'autre, les résultats de l'adaptation, correspondant à différents cas, ne sont pas absolument concordants. L'intérêt biologique nous pousse alors à corriger l'un par l'autre ces résultats, pour niveler les écarts le mieux possible et le plus avantageusement possible. Cette tâche est remplie par la combinaison du principe de la *permanence* et du principe de la *différenciation suffisante* des représentations. En réalité ces deux processus, l'*adaptation des représentations aux faits* et l'*adaptation des représentations entre elles*,

Digitized by Google

ne sont pas nettement séparables. Si les premières impressions des sens sont déja déterminées par la disposition innée et temporaire de l'organisme, les impressions ultérieures sont à leur tour influencées par les premières. Ainsi, presque toujours, le premier processus est déjà compliqué par le second. Ces processus se complètent d'abord sans qu'on le cherche et sans qu'on en ait une claire conscience. Quand notre conscience s'éveille nettement, nous trouvons déjà en nous une image très riche du monde. Plus tard seulement, un passage tout à fait progressif nous amène à poursuivre consciemment et *intentionnellement* les deux processus, et, dès que ce passage est franchi, la *recherche scientifique* commence. L'adaptation des *pensées* aux *faits*, c'est, pour mieux dire, l'*observation*; l'adaptation des *pensées entre elles*, *la théorie*. D'ailleurs l'observation et la théorie ne se séparent pas d'une façon tranchée, car presque toujours l'observation est déjà influencée par la théorie, et, si elle a une importance suffisante, elle exerce à son tour une action sur la théorie.

Nous n'avons aucune peine à apprendre que le lait et le pain ont un goût agréable et apaisent notre faim, que le choc des corps lourds et durs est douloureux, que la flamme brûle, que l'eau coule, que le tonnerre vient après l'éclair, etc. Les adaptations se complètent presque d'elles-mêmes dans l'intérêt biologique immédiat et personnel de l'individu. Mais la chose change dès que cette adaptation des pensées n'a plus qu'un intérêt *médiat*,

Digitized by Google

et ne peut arriver à bien que si le résultat peut être *communiqué* à tout le monde, c'est-à-dire doit s'exprimer par le langage. Ici, la vie psychique sera beaucoup plus active. Le fait nouveau doit être *comparé* avec d'autres faits ; il faut observer *attentivement* les concordances et les différences ; il faut rechercher les éléments déjà *connus* et déjà *dénommés*, dont on peut *penser* que le fait nouveau se compose. Seule, une activité psychique fortifiée au service de la vie peut y suffire. Enfants, nous apprenons à aspirer des liquides par un tube sans savoir comment, sans même demander pourquoi, et sans pouvoir en rendre compte. Songeons au développement intellectuel qui est nécessaire pour se procurer de l'eau par le *moyen détourné* d'une pompe. Quelle force doit avoir l'intérêt *indirect* pour que, sous sa direction, l'imagination fasse un choix convenable parmi les souvenirs et crée un plan pour construire la pompe. Comme il faut avoir tout comparé, pour pouvoir dire enfin : l'eau suit, malgré son poids « par horreur du vide » le piston qui se soulève.

Pour les premiers degrés de l'adaptation, il suffit souvent d'une nouvelle combinaison de souvenirs *intuitifs*, effectuée grâce à l'*activité de l'imagination*. Qu'on pense à l'abstraction et à la répulsion des aimants, à l'émission des corpuscules lumineux, au calorique envisagé comme une substance qui s'écoule d'un corps chaud sur un corps froid, comme l'eau passe d'une éponge humide dans une éponge sèche, et même à la règle du

Digitized by Google

bonhomme d'Ampère. Mais pour arriver à l'adaptation ultérieure, il faut faire des opérations *abstraites sur des concepts*, et considérer des classes entières de faits au point de vue de leur réaction caractéristique. C'est ainsi que Galilée reconnut que le mouvement de chute était un mouvement « uniformément accéléré ».

Étudions maintenant sur des exemples simples le *conflit* des pensées entre elles, et l'adaptation des pensées les unes aux autres qui en résulte. Souvent, un événement sensible de notre vie éveille différents souvenirs qui, s'accordant en partie, nous poussent à agir dans un sens déterminé et qui, d'autre part, se combattent et se paralysent réciproquement. Voici par exemple un renard épiant une proie qui se débat, mais surveillant en même temps l'approche du chasseur, ou devinant la présence d'un piège, qui lui rappelle de mauvais souvenirs. S'il reconnaît que ce prétendu chasseur est un enfant inoffensif, sans arme ni chien, et que, ce qu'il prenait pour un piège, n'est qu'un amas de broussailles, où sa proie s'est par hasard embarrassée, le renard est délivré du *conflit*.

Avant toute entreprise qui nous offre diverses perspectives les unes favorables, les autres défavorables, nous sommes placés dans un état d'*anxiété* plus ou moins *pénible*, qui ne cesse que quand nous avons reconnu comme vaines nos craintes ou nos espérances, quand nous avons vu qu'elles n'étaient pas fondées en fait, et quand nous nous sommes en conséquence décidés pour l'entreprise, ou que

Digitized by Google

nous l'avons abandonnée. Nous éprouvons alors une impression d'*allégement* qui contraste agréablement avec notre état antérieur. Pour les besoins de la vie, les pensées s'adaptent aux faits et s'harmonisent entre elles. Dès que la pensée s'est suffisamment fortifiée, un désaccord entre les pensées est déjà en lui-même une peine, et on cherche à écarter ce malaise intellectuel, même si aucun intérêt pratique n'est plus en jeu.

Un jeune sauvage, ayant à porter un panier de fruits avec une lettre, en mange une partie en chemin, et il est tout étonné que la lettre puisse le trahir. Une seconde fois, pour empêcher cette lettre traîtresse de l'observer, il la place sous une pierre ; mais, cette fois encore, il doit reconnaître qu'il n'est pas suffisamment sur ses gardes. C'est seulement lorsqu'il a appris à compter et à désigner les nombres par des traits qu'il peut enfin s'expliquer d'une façon à peu près convenable comment la lettre a pu le trahir. Vivant, pour ainsi dire, en la compagnie des souvenirs, la représentation primitive de la lettre a dû se modifier jusqu'à ce qu'elle se soit mise d'accord avec eux.

La première fois que nous voyons un bâton plongé obliquement dans l'eau, il nous paraît *brisé*. Mais, en le plongeant dans l'eau, nous n'avons éprouvé aucune résistance ; le bâton que nous retirons de l'eau se retrouve droit, ce qui n'arriverait certainement pas, s'il avait été brisé à un moment donné. C'est ainsi que nous *négligeons* cette cassure du bâton comme une *apparence* de moindre

Digitized by Google

importance, comme une illusion vis-à-vis des représentations de plus haute valeur qui s'accordent mieux entre elles. Cette *négligence* d'un fait, pratiquement peu important, peut bien suffire pour des buts pratiques, mais elle ne répond certainement pas au point de vue scientifique, pour lequel *tout* fait peut acquérir une signification selon les circonstances. Le savant n'est satisfait que quand il a reconnu que les circonstances de la propagation de la lumière déterminent de la même façon l'image rectiligne ou l'image brisée.

Les adaptations de pensées, dont l'individu ne s'occupe que dans son propre intérêt, *peuvent* se faire avec l'aide du langage, mais ne lui sont pas exclusivement liées. Par contre, le résultat d'une adaptation de pensées, qui doit profiter à la généralité des hommes, doit *forcément* s'exprimer verbalement en concepts et en jugements, et supporter les avantages et les inconvénients de cette forme. Cela est vrai, en particulier, de tous les processus scientifiques d'adaptation : ceux-ci consistent dans la correction mutuelle que des groupes de concepts et de jugements exercent les uns sur les autres.

La gêne, qui résulte de ces conflits de la vie intellectuelle, pousse visiblement les *Eléates* à leurs recherches philosophiques. On peut juger comme on voudra leurs tentatives, on avouera pourtant que les débats, qu'elles ont soulevés, ont développé l'habileté et la précision de la pensée et de la parole, et que, par le sentiment d'affranchis-

Digitized by Google

sement qu'apportaient des solutions réelles ou illusoires, elles ont fait goûter la *joie de penser.*

Les sophistes, au mauvais sens du mot, se faisaient forts de défendre toutes les opinions: ils pensaient immédiatement à leur propre avantage, mais pourtant ils faisaient indirectement progresser la *critique.* Aujourd'hui, nous trouvons simplement fades et répugnants les arguments qui se trouvent dans la bouche des sophistes de Platon, *Euthydème* ou *Gorgias* ; nous ne nous cassons plus la tête sur les jeux d'esprit tels que le *Menteur*, le *Voilé*, etc., cela tient à ce que nos ancêtres ont déjà écarté ces difficultés.

Par là, nous voyons combien est grande la distance, qui existe entre la réflexion à ses débuts et la réflexion parvenue à sa maturité, et nous pouvons nous féliciter d'être, par une puissance de réflexion plus mûre, mis en état d'écarter rapidement ces raisonnements et ce qui leur ressemble, pour orienter nos recherches vers des problèmes plus importants et plus féconds. Mais nous n'avons pas le droit d'oublier avec ingratitude, que, à côté de ce service indirect, que nous a rendu l'*abus* de la pensée, beaucoup de philosophes grecs, en appliquant la *preuve géométrique* à un sujet simple et solide, ont développé la vraie méthode, qui consiste à adapter les pensées les unes aux autres, et à corriger les pensées moins bien fondées à l'aide des pensées plus solidement établies, et que, par là, ils ont créé un patrimoine intellectuel impérissable. Le résultat de ces efforts,

Digitized by Google

les *Éléments* d'Euclide, sont classiques aujourd'hui encore sous le rapport de la *logique*.

La scolastique du moyen âge fut pour la science presque complètement stérile; mais, pour mettre ses vues en accord avec les dogmes de l'Eglise et avec les paroles d'Aristote, son philosophe favori, elle a développé et mis à profit la vieille dialectique. Plus le matériel des faits était minime, plus il fallait avoir réfléchi pour en tirer tout ce qui pouvait être regardé comme une proposition exacte. Ce procédé fournissait un bavardage fort peu nourrissant, que les savants d'aujourd'hui digèrent difficilement, même à la dose diluée sous laquelle il se trouve chez Kepler, Grimaldi, Kircher, etc. Mais on ne doit pas dédaigner l'éducation, que donne cette méthode pour exploiter une idée ; on s'en aperçoit bien dès que s'offre un réel sujet d'étude. Je ne veux naturellement pas dire qu'une divinité bienveillante a placé avec intention la scolastique avant le début de la science. Mais la scolastique ayant existé a dû forcément exercer ses bons comme ses mauvais effets. Ses mauvais effets se sont malheureusement fait sentir pendant des siècles, jusqu'à ce que se produisissent enfin des événements, après lesquels la scolastique ne pouvait plus garder un semblant de vie que pour des hommes artificiellement aveuglés.

Alors même qu'aucun problème sérieux ne se pose, une vie intellectuelle puissante s'exerce par *jeu*, et, par ce jeu même, *se développe et se fortifie* pour les cas sérieux.

Digitized by Google

Prenons comme exemples les problèmes de récréation intellectuelle du *Thaumaturgus mathematicus* (Cologne, 1651). Le livre a été imprimé au temps où la recherche scientifique était en plein essor, et porte en lui des traces nettes de la pensée antique, scolastique et moderne. Le problème 13 pose la question: quel est le poids de la fumée d'un objet qu'on brûle? La solution consiste à peser l'objet et la cendre qui reste ; la différence des deux doit être le poids de la fumée. Problème et solution sont, sans aucun doute, antiques, car, d'après le récit de Lucien, le cynique Démonax répond de cette façon à cette question, qu'on lui pose pour l'embarrasser. Nous *savons* que la solution est fausse; néanmoins il s'y montre nettement le sentiment d'une expérience *plus générale*, que nous exprimons aujourd'hui par le principe de la conservation de la masse, et *le besoin* d'accorder et d'adapter les pensées particulières avec cette notion plus *importante*[1].

Il y a des problèmes qu'on ne peut résoudre sans faire d'expérimentation mentale. Le quinzième problème est de cette espèce: il s'agit de faire passer le fleuve au loup, à la chèvre et au chou avec un bateau qui n'a qu'une place et en cherchant à éviter que, dans l'intervalle, un des trois compagnons mange l'autre. On com-

1. Lavoisier n'a pas découvert la loi de la conservation de la masse; mais il a été guidé vers ses grandes découvertes en chimie par cette idée instinctive, qui était déjà familière à l'antiquité.

Digitized by Google

mence par transporter la chèvre, et le reste va de soi.

Le problème 29 est assez particulier : placer un homme en même temps debout et renversé. C'est apparemment impossible, tant qu'on entend par *debout* une direction *absolue*. Si on transforme cette notion d'absolu en une notion de relation, on résout le problème en plaçant l'homme au centre de la terre.

Au problème 49, on a bâti tout autour de la terre un pont absolument régulier, puis on en retire simultanément tous les piliers. Qu'arrive-t-il alors? *Si praxis tam exacta accesserit quam speculatio est certa*, le pont devrait, comme une voûte fermée sur elle-même, rester en l'air et *planer*, car aucune de ses parties ne saurait tomber avant l'autre. Toutes ces idées sont adaptées à la pensée plus générale que tout phénomène est déterminé par les circonstances d'une façon *univoque*. On remarque que l'anneau de Saturne pourrait figurer un pont de ce genre. Mais, naturellement, on n'a encore pu tenir aucun compte de la loi de la gravitation en raison inverse du carré de la distance, et de l'équilibre instable ainsi réalisé par un anneau *solide* planant. L'anneau de Saturne réel ne peut exister que s'il se compose de masses isolées animées d'un mouvement de rotation.

Ces exemples nous montrent que les hommes du XVIIe siècle étaient bien préparés à de grandes découvertes scientifiques. La méthode de l'expérimentation mentale, l'adaptation par l'expérience

Digitized by Google

des pensées particulières à des pensées plus générales, le souci de faire concorder certaines habitudes de pensées (permanence — détermination univoque) et l'arrangement des représentations en séries sont mis en œuvre dans ces jeux, et ce sont précisément ces formes de l'activité intellectuelle qui *servent* le plus la science.

Envisageons maintenant des exemples de l'adaptation des pensées entre elles, telle qu'elle s'est réellement produite au cours du développement de la science, pour lequel elle a joué un rôle très important. Stevin cherche la valeur d'un fardeau qu'on doit traîner le long d'un plan incliné sur lequel il est posé. Il prend comme exacte la valeur pour laquelle une chaîne fermée homogène, passant autour du plan incliné, reste en repos: l'expérience journalière nous présente souvent ce fait. Il adapte la pensée moins sûre à celle qui est plus solidement établie.

Galilée, au commencement de ses recherches, trouve encore la notion traditionnelle d'une « vis impressa » graduellement décroissante pour le corps lancé, et qui est aussi une expression naturelle de l'expérience journalière. Ses recherches lui font connaître le mouvement de chute uniformément accéléré, et le mouvement d'ascension uniformément ralenti suivant la verticale et suivant une direction inclinée sur l'horizon. Entre temps, notamment dans ses recherches sur le pendule, il s'est habitué à considérer les résistances comme diminuant la vitesse, à y voir des influences

Digitized by Google

retardatrices. Le mouvement horizontal uniforme lui apparaît maintenant comme un cas spécial d'un mouvement uniformément accéléré ou uniformément ralenti avec une accélération *nulle*, et alors la « vis impressa » décroissante devient superflue et gênante, et doit céder le pas à la notion d'inertie, qui convient à tous les cas.

Les principes de Newton commencent par huit définitions (définition de la masse, définition de la quantité de mouvement, définition de la résistance d'inertie, définition de la force centrale, etc.) et par trois lois du mouvement, qui sont présentées comme conséquences de ces définitions. Ces constructions de l'esprit sont tirées de l'expérience, ou lui sont adaptées, et portent déjà la marque d'une adaptation *réciproque*. Cette dernière adaptation n'est pourtant pas poussée jusqu'au bout, car, parmi ces constructions, il y en a de superflues. Pour les justifier complètement, il faut considérer qu'elles ont été édifiées au temps où la statique se développait pour donner la dynamique, et que, par là, elles contiennent une double conception de la force, envisagée d'une part comme une traction ou une pression, et de l'autre comme une circonstance déterminant l'accélération. Mais considérons la statique comme un cas particulier de la dynamique; partons de ce fait que les corps pris deux à deux déterminent *l'un sur l'autre* des accélérations réciproques, et que ces groupes de corps prix deux à deux sont *indépendants* les uns des autres; définissons dyna-

Digitized by Google

miquement le rapport des masses par le rapport inverse des accélérations, et tenons compte, en outre, de ce fait d'expérience que les rapports des masses demeurent les mêmes, qu'ils soient déterminés directement ou indirectement : alors nous pouvons aisément fonder là-dessus toute la dynamique. La deuxième loi se réduit au fait de l'accélération réciproque des corps, c'est-à-dire à une définition des masses arbitrairement choisie; la première loi se réduit à un cas particulier de la deuxième, et la troisième loi devient tout à fait superflue. Naturellement, les propositions de Newton s'accordent complètement entre elles; leur surabondance se manifeste en ce que, de quelques-unes d'entre elles, on peut déduire toutes les autres.

Black avait déjà établi, en partant de la matérialité du calorique, la notion de quantité de chaleur, et il était parvenu à la notion de la constance de la somme des quantités de chaleur. Il savait aussi que la chaleur passe d'un corps chaud sur un corps froid qui le touche, et que la température du premier s'abaisse tandis que celle du second s'élève. Alors il observe que, pendant toute la durée de la fusion ou de l'ébullition, la température des corps en fusion ou en ébullition ne s'élève pas, bien qu'ils soient en contact avec la flamme beaucoup plus chaude qu'eux. La constance de la somme des quantités de chaleur n'est plus compatible avec la disparition de chaleur, qui accompagne ces phénomènes. Black admet qu'une certaine quantité de

Digitized by Google

chaleur devient *latente* par la fusion ou l'ébullition, et la thermodynamique moderne rejette la constance de la somme des quantités de chaleur. L'adaptation peut ainsi se faire de différentes façons. De deux pensées qui se contredisent, on doit modifier, pour l'accorder avec l'autre, celle que l'on tient, à un moment donné, pour moins importante et moins digne de confiance.

Sadi Carnot a reconnu que, pour que l'extension d'un corps froid puisse produire du travail, il faut qu'une certaine quantité de chaleur passe d'une température plus élevée à une température plus basse. Avec Black, il admet sans discussion l'invariabilité de la quantité de chaleur. Mayer et Joule trouvent que la production de travail est accompagnée d'une perte de chaleur, et admettent que, quand on dépense du travail, on peut produire de la chaleur (par frottement). Clausius et Thomson lèvent ce paradoxe apparent en reconnaissant que la quantité de chaleur, qui disparaît lors de la production d'un certain travail, dépend de la quantité de chaleur transportée du corps chaud au corps froid, et des températures extrêmes. La conception de Carnot *et* la conception de Mayer sont ici modifiées et réunies dans la forme nouvelle.

Le principe de Carnot conduit W. Thomson à penser que, par extension et compression isothermes de l'air à 0°, on peut produire de la glace sans travail. Mais l'eau, qui en se congelant augmente de volume, fournit du travail, et, selon une remar-

Digitized by Google

que de J. Thomson, ce dernier travail ne peut pas être tiré de rien. Pour écarter les contradictions, il faut admettre que le point de congélation s'abaisse d'une quantité déterminée quand la pression augmente : l'expérience l'a vérifié. Ainsi c'est dans les *paradoxes* eux-mêmes que se trouve la *force impulsive la plus puissante*, pour pousser à l'adaptation des pensées entre elles, et conduire par là à de nouveaux éclaircissements et à de nouvelles découvertes.

L'adaptation des pensées entre elles n'est pas au bout de sa tâche, quand elle a supprimé les contradictions. Toute dispersion de l'attention, toute surcharge de la mémoire sera désagréablement ressentie, même s'il n'y a plus de contradiction. Chaque fois qu'on reconnaîtra que quelque chose d'inconnu et de neuf est une combinaison de choses anciennement connues; chaque fois qu'on découvrira que des choses qui semblaient d'espèces différentes sont de même espèce; chaque fois qu'on diminuera le nombre des pensées directrices nécessaires; chaque fois qu'on arrangera en un groupement organique ces pensées directrices, d'après le principe de la permanence et de la différenciation suffisante, on éprouvera un heureux soulagement. L'arrangement économique, harmonique, organique des pensées, que nous ressentons comme un besoin biologique, dépasse de beaucoup ce qu'exige *logiquement* l'absence de contradictions.

Le système de Ptolémée ne contient pas de

Digitized by Google

contradictions; tous ses détails sont parfaitement compatibles les uns avec les autres. Mais nous avons ici une terre immobile, avec une sphère d'étoiles fixes tournant comme un tout, et avec les mouvements individuels du soleil, de la lune et des planètes. Dans le système de Copernic, comme dans celui des anciens, ses prédécesseurs, tous les mouvements se réduisent à des rotations et à des mouvements autour d'un axe.

Dans les trois lois de Kepler, il n'y a pas da contradiction, mais combien est agréable la réduction à la *seule* loi de la gravitation newtonienne, elle qui embrasse en même temps, sous un *seul* point de vue, la chute des corps à la surface de la terre, les phénomènes de la balistique, les marées, etc.

La réfraction et la réflexion de la lumière, les interférences et la polarisation formaient des chapitres spéciaux dont les théories n'entraient pas en contradiction. En ramenant tous ces phénomènes à des vibrations transversales, Fresnel réalisa pourtant une grande simplification et un très heureux progrès. Maxwell a simplifié beaucoup plus encore, en traitant toute l'optique comme un chapitre de l'électricité.

La théorie des cataclysmes géologiques et les idées de Cuvier sur les périodes de la création ne renferment aucune contradiction. Mais Lamarck, Lyell et Darwin, qui ont proposé une conception plus simple de l'histoire de la terre, du règne animal et du règne végétal, ont fait œuvre utile.

Après ces exemples, des considérations d'or-

Digitized by Google

dre plus général ne seront pas déplacées. Fixés sous forme de jugements, les résultats de l'adaptation des pensées aux faits sont comparés entre eux et deviennent l'objet d'un processus d'adaptation ultérieure. S'ils ne sont *pas conciliables*, les résultats moins bien établis cèdent le pas aux résultats mieux établis. Tout dépend naturellement de la connaissance plus ou moins approfondie du sujet, de l'expérience plus ou moins consommée et des habitudes de pensée de celui qui porte le jugement. Les vues admises par les contemporains interviennent aussi dans le *choix* du jugement, auquel on attribuera une autorité prédominante à l'égard des autres. Le physicien ou le chimiste exercé ne reconnaîtra, par exemple, aucune autorité à une idée qui serait contraire à l'hypothèse déterministe, et contraire au principe de la conservation de la masse, tandis qu'un dilettante, un inventeur de mouvement perpétuel y trouverait moins de difficultés. Au temps de Newton, on avait beaucoup de goût pour les *actions à distance*, même quand on les proposait comme des choses demandant encore à être expliquées. Plus tard, le succès en rendit la notion si courante, que personne n'y fit plus d'objection. Aujourd'hui, on éprouve le besoin trop pressant de suivre toutes les relations réciproques dans leur continuité à travers l'espace et le temps, pour pouvoir accepter les actions à distance sans intermédiaire. Tout de suite après Black, on n'aurait pas osé douter de la conservation du calorique, tandis que cinquante ans plus tard on

Digitized by Google

avait une forte tendance à renoncer à son hypothèse. Toutes les époques ont, en général, une *prédilection* pour les jugements, sous l'influence desquels elles ont atteint les *résultats* pratiques et intellectuels les plus considérables. Les grands savants, ceux qui voient de loin, sont souvent amenés à entrer en lutte avec les idées de leurs contemporains. Ils apportent une modification : les jugements, qui étaient jusque-là prédominants, sont obligés de subir un compromis avec de nouveaux jugements, qu'on avait rejetés sans conteste, et tous les jugements sont modifiés. Les travaux de Clausius et de W. Thomson, en thermodynamique, et les travaux de Faraday et de Maxwell, en électricité, nous en offrent des exemples.

Il se peut que les jugements qui se présentent à la comparaison soient déjà *compatibles* et coexistent sans contradiction. Alors une adaptation ultérieure semble inutile. Mais ici ce sont encore l'individualité du penseur et son besoin d'esthétique et de logique économique qui rendent nécessaire une élaboration ultérieure plus harmonieuse. Dans bien des têtes, les idées les plus disparates sont admises, si elles appartiennent à des domaines qui ne viennent jamais en contact, par exemples, l'incrédulité la plus profonde dans un domaine et la plus naïve crédulité dans un autre. Ceci se rencontre chez des penseurs qui, selon leurs dispositions et suivant les occasions, font résonner, en différents cas, différents registres, sans s'inquiéter de l'harmonie à établir entre des cycles de pensées

Digitized by Google

plus étendus. On trouve en opposition avec eux des savants comme Descartes, Newton, Leibniz, Darwin, etc.

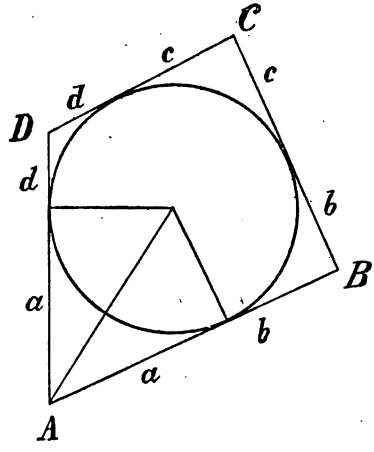
On a atteint l'idéal de l'adaptation économique et organique des jugements compatibles pour un sujet, quand on a réussi à trouver le nombre minimum de jugements simples, indépendants, dont tous les autres sont des suites logiques, c'est-à-dire dont tous les autres se laissent déduire. La géométrie d'Euclide est l'exemple d'un système de jugements ainsi agencé. Les jugements qu'on déduit de cette façon ont pu, à l'origine, être trouvés par une autre voie; c'est même le cas habituel. Alors la déduction peut servir soit à rendre un jugement compréhensible à l'aide de jugements plus simples et plus familiers, c'est-à-dire à l'*expliquer*, soit à l'établir d'une façon indiscutable, en le basant sur un jugement plus simple qu'on ne met pas en doute, c'est-à-dire à le *prouver*. Si on ne connaissait pas auparavant le jugement ainsi déduit, si on le trouve pour la première fois par la déduction, ce jugement représente une *découverte* faite par voie déductive.

Les objets de la géométrie, simples et familiers à tout le monde, sont très propres à présenter aux yeux d'une façon frappante l'adaptation respective des jugements. Menons à un cercle quatre tangentes quelconques formant le quadrilatère ABCD.

Nous ne pourrions pas dire d'un quadrilatère quelconque tout ce que nous pouvons affirmer de celui-ci, car les côtés de ce quadrilatère parti-

Digitized by Google

culier sont des tangentes au cercle, et ce que nous en disons doit s'accorder avec les propositions qui concernent le cercle. Les rayons du cercle, menés



par les points de contact, sont perpendiculaires aux côtés du quadrilatère, et tous les autres points de ces côtés sont plus éloignés du centre que les points de contact, et sont extérieurs au cercle. Les tangentes, menées d'un quelconque des sommets, sont symétriques par rapport à la droite, qui joint ce sommet au centre, et les deux segments situés entre le sommet et les points de contact sont égaux entre eux. Cela est vrai pour chacun des sommets. D'où il suit que la somme des longueurs *de deux côtés opposés* est égale à la somme des longueurs *des deux autres*. Cette propriété métrique n'est vraie

Digitized by Google

que pour des rectangles circonscrits au cercle. Si par exemple, au lieu de mener A D, on complète le quadrilatère par une sécante ou par une droite extérieure au cercle, il est clair que cette propriété n'existe plus. On ne peut pas non plus inscrire un cercle dans un quadrilatère quelconque. Le cercle à inscrire est déjà déterminé en effet par trois tangentes, c'est-à-dire par le point d'intersection des bissectrices des angles de ces tangentes. Le quatrième côté fait intervenir des conditions qui, en général, ne sont pas compatibles avec les précédentes.

Des combinaisons de jugements compatibles entre eux peuvent se mettre aisément sous la forme d'une explication, d'un problème, d'une démonstration ou d'une découverte déductive. Il n'est pas difficile non plus de les présenter sous la forme logique d'Aristote ou d'Euclide.

Les *formes* de la logique ont été acquises par abstraction, en partant d'exemples scientifiques réels. Mais tout exemple particulier, géométrique ou autre, peut montrer clairement que la *seule* connaissance de ces *formes* serait bien peu utile. En tous cas, elle peut servir à contrôler une suite de pensées données, mais non à en trouver une *nouvelle*. La pensée ne procède pas par formes vides ; il lui faut un contenu représenté d'une façon vivante, immédiatement ou par concepts. Dans une déduction géométrique, la droite intervient tantôt par sa situation, tantôt par sa longueur, tantôt comme tangente, tantôt comme perpendiculaire au rayon,

Digitized by Google

tantôt comme élément d'une figure symétrique; dans le parallélogramme, il faut considérer tantôt la surface, tantôt le rapport des côtés ou des diagonales, et tantôt les angles. Celui à qui toutes ces relations intuitives et abstraites ne seraient pas familières, celui qui ne saurait les transposer, celui dont l'intérêt ne serait pas dirigé dans la bonne voie vers la relation présumée, ne pourrait certainement pas trouver de proposition géométrique nouvelle. Les formes logiques vides ne peuvent remplacer la connaissance des choses. Mais un coup d'œil sur l'algèbre et le langage des signes mathématiques nous montre qu'il y a grand profit à diriger l'attention sur la pensée étudiée en elle-même, et à exposer symboliquement les formes abstraites des opérations intellectuelles. Celui qui ne saurait, sans ce secours, employer les façons de penser correspondantes, n'en tirerait, d'ailleurs, aucun profit. Mais s'il s'agit de séries entières d'opérations intellectuelles, qui contiennent, répétés plusieurs fois, ces modes de pensée ou d'autres analogues, l'introduction de leur symbole apporte un allègement sérieux au travailleur, et lui permet de garder ses forces pour d'autres cas *plus importants*, dont il *ne* pourrait venir à bout à coups de *symboles*. En fait, les mathématiciens ont développé, dans le langage des signes mathématiques, un système logique de symboles de très haute valeur pour l'objet spécial de leur science.

Les opérations mathématiques sont d'une variété

Digitized by Google

que ne peut renfermer le cadre de la logique d'Aristote, aux classifications trop simples. Il se développe aussi sur le sol de cette science une vraie logique symbolique, plus compréhensive, dont les opérations ne se limitent nullement à ce qui est quantitatif. Les commencements en remontent à Leibniz. Seuls des mathématiciens comme H. Grassmann, reprennent les voies tracées par lui.

Digitized by Google

CHAPITRE XI

L'Expérimentation mentale.

En observant les changements qui surviennent autour de lui, l'homme rassemble des expériences. Les changements qui l'intéressent le plus sont ceux sur lesquels il peut exercer volontairement une influence : ce sont ceux qui ont pour lui la plus grande importance économique, pratique et intellectuelle et c'est sur ces changements que porte l'*expérimentation*.

L'expérimentation peut être regardée dans une certaine mesure comme innée; on peut observer chez l'animal et chez l'enfant des modes d'expérimentation rudimentaire, et, même dans l'expérimentation scientifique, on ne peut passer sous silence le rôle de l'instinct et de l'habitude. Mais, à côté de l'instinct, l'intelligence peut être intéressée à différents degrés dans l'expérimentation.

En dehors de l'expérimentation physique, l'homme arrivé à un développement intellectuel

Digitized by Google

avancé, recourt souvent à l'*expérimentation mentale*. Ceux qui font des projets, ceux qui bâtissent des châteaux en Espagne, romanciers et poètes, qui se laissent aller à des utopies sociales ou techniques, font de l'expérimentation mentale ; d'ailleurs le marchand sérieux, l'inventeur réfléchi et le savant en font aussi. Tous se représentent des circonstances diverses, et rattachent à ces représentations certaines conjectures. Mais les premiers combinent dans leur imagination des circonstances qui ne se rencontreront pas dans la réalité, ou bien, ils se représentent ces circonstances comme suivies de conséquences qui n'ont pas de liens avec elles, tandis que le marchand, l'inventeur et le savant ont comme représentations de bonnes images des faits, et restent dans leurs pensées, très près de la réalité.

Nous pouvons retrouver, par le souvenir, des détails qui n'avaient pas attiré notre attention lors de l'observation immédiate. Il nous arrive de découvrir dans nos souvenirs un trait, qui nous dévoile tout d'un coup le caractère d'un homme, inconnu jusque-là.

Nous avons nos représentations sous la main plus facilement que les faits physiques eux-mêmes, et nous expérimentons avec les pensées, pour ainsi dire, à moins de frais. Aussi ne faut-il pas nous étonner que l'expérimentation mentale précède souvent l'expérimentation physique et la prépare. C'est ainsi que les recherches physiques d'Aristote sont, en grande partie, des expérimentations men-

Digitized by Google

tales, dans lesquelles sont mis en valeur les trésors d'expérience conservés par le souvenir et surtout par le langage.

Mais *l'expérimentation mentale est aussi une condition préalable nécessaire de l'expérimentation physique;* tout expérimentateur, tout inventeur doit avoir en tête son dispositif avant de le réaliser matériellement. Stephenson connaissait par expérience la voiture, les rails et la machine à vapeur. Pourtant il a dû, avant de la réaliser, imaginer dans sa pensée cette combinaison d'une voiture actionnée par une machine à vapeur et posée sur des rails. Il a fallu aussi que Galilée commençât par voir dans son imagination l'arrangement qui lui permit d'étudier le mouvement de chute. Tous ceux qui commencent à expérimenter s'aperçoivent que, si leur calcul préalable est insuffisant, s'ils négligent des causes d'erreur, etc., cela peut avoir pour eux des conséquences désagréables.

C'est seulement quand l'homme a déjà une riche expérience que l'imagination peut entrer en jeu ; alors la disposition du savant, la direction de ses pensées, le milieu où il vit, décident des associations qui vont se produire effectivement. C'est en réfléchissant toujours sur les faits réels que l'activité du physicien se distingue de celle du pur poète. Mais la pensée du physicien est généralement moins complète que l'expérience qu'elle schématise. Quelquefois, un regard jeté rétrospectivement sur des expériences antérieures, et la fiction de nouvelles combinaisons de circonstances pour-

Digitized by Google

ront nous renseigner sur l'exactitude, avec laquelle nos pensées représentent les expériences, et sur le degré de concordance des pensées entre elles. Il s'agit ici d'un procédé d'épuration logique et économique pour étudier le contenu des expériences mis sous forme de pensées. Voici ce que nous nous demandons : quelles circonstances déterminent un certain résultat ? Quelles circonstances sont dépendantes ou indépendantes les unes des autres ? Un coup d'œil d'ensemble nous donne plus de lumière sur ces questions, que ne pourrait le faire l'expérience de détail. Il nous montre avec netteté comment nous pouvons, tout en tenant compte des expériences, épargner notre peine, il nous fait voir quelles sont les pensées les plus simples pouvant être amenées à la fois en concordance entre elles et en concordance avec l'expérience. Nous y arrivons en *imaginant mentalement la variation des faits.*

Il peut arriver que l'issue d'une expérience mentale soit assez décisive pour que l'auteur, à tort ou à raison, juge inutile tout contrôle extérieur par *l'expérimentation physique*. Mais plus la conclusion de l'expérimentation mentale est hésitante et indéterminée, plus l'expérimentation mentale pousse à l'expérimentation physique, qui apparaît comme sa suite naturelle pour la compléter et la préciser.

Nous allons considérer d'abord quelques exemples du premier genre. Si on a reconnu que certaines circonstances sont sans influence sur un certain résultat, on peut mentalement imaginer qu'elles

Digitized by Google

varient à volonté, sans modifier ce résultat. En maniant habilement ce procédé, on aboutit à des cas, qui, au premier abord, semblent essentiellement différents du cas qui a servi de point de départ, c'est-à-dire on généralise la conception du début.

Stevin et Galilée ont employé magistralement ce procédé dans leurs travaux sur le levier et sur le plan incliné. Poinsot s'en est servi aussi : il ajoute à un système de forces A deux systèmes B et C, le système C étant choisi de façon à équilibrer aussi bien A que B ; il est alors amené à reconnaître que A et B sont équivalents, quoiqu'ils puissent d'ailleurs être très différents. Les découvertes de Huygens, concernant le choc, reposent sur une expérimentation mentale. Partant de ce que le mouvement des corps environnants et le point de vue du spectateur n'ont pas d'influence sur les corps qui se choquent, il change le mouvement relatif du milieu et le point de vue du spectateur. De cette façon, en partant du cas le plus simple et le plus spécial, il arrive à des généralisations importantes. Rappelons enfin qu'en dioptrique un rayon lumineux est considéré comme appartenant tantôt à un faisceau de rayons jouissant de certaines propriétés, tantôt à un autre.

Il est nécessaire de faire varier les circonstances qui influent sur un résultat, et ce qu'il y a de mieux, c'est d'imaginer une variation continue qui passe en revue tous les cas possibles. Prenons un exemple : une pierre tombe à terre. Faisons croître sa distance à la terre. Il est tout à

Digitized by Google

fait naturel d'admettre que la pierre, même située à la distance de la lune, ne perdra pas tout d'un coup sa tendance à tomber. Une grosse pierre tombe comme une petite. Si nous supposons la pierre devenue aussi grosse que la lune, la lune, elle aussi, tend à tomber vers la terre. Imaginons que la lune croisse jusqu'à devenir aussi grande que la terre : nous ne pouvons admettre que l'une soit attirée vers l'autre, sans que la réciproque soit vraie. L'attraction est donc réciproque. Mais elle demeure réciproque, même pour des corps inégaux, car on passe d'un cas à l'autre sans discontinuité. On voit intervenir ici des raisons qui ne sont pas purement logiques. Logiquement, les discontinuités indiquées seraient tout à fait concevables, mais il est absolument invraisemblable que leur existence ne nous soit pas révélée de quelque façon, et nous préférons, quand elle est conciliable avec l'expérience, la conception qui exige de nous le moindre effort psychique.

Une pierre tombe *à côté* d'une autre pierre. La lune et la terre se composent de pierres. Toutes les parties s'attirent réciproquement. La lune et la terre ne différant pas essentiellement des autres corps de l'Univers, la gravitation est générale. Le mouvement d'une planète est le mouvement d'un projectile; mais l'accélération dépend de sa distance au soleil. L'accélération, même à la surface de la terre, dépend essentiellement de la distance.

Nous trouvons donc la méthode des variations à la base tant de l'expérimentation mentale que de

Digitized by Google

l'expérimentation physique. Par une variation continue si possible, nous élargissons les limites de la valabilité d'une représentation ; en modifiant et en spécialisant les circonstances, nous modifions et nous spécialisons la représentation.

Galilée est un maître dans cette sorte d'expérimentation mentale. Pour expliquer que des poussières d'un poids spécifique considérable peuvent flotter dans l'air et dans l'eau, il imagine un cube partagé par trois sections en huit petits cubes : le poids agissant reste le même après cette opération ; mais la section et, avec elle, la résistance que le milieu oppose à la chute deviennent doubles, de telle sorte que, si l'on répète un certain nombre de fois l'opération, la résistance devient extrêmement grande. Galilée imagine aussi un animal uniformément grandi dans toutes ses dimensions en restant géométriquement semblable à lui-même, et il montre que cet animal devrait s'effondrer sous son poids, qui croîtrait comme le cube de ses dimensions, tandis que la solidité des os n'augmenterait que dans un rapport beaucoup moindre.

La seule expérimentation mentale suffit souvent pour ramener à l'absurde une règle soi-disant évidente. Si les corps de plus grand poids avaient réellement la propriété de tomber plus vite, il faudrait, dit Galilée, qu'en unissant un corps lourd à un corps léger, on obtînt un corps, qui tombe plus lentement, puisque le corps lourd serait ralenti par le corps léger, et cependant l'ensemble constitue un corps plus lourd. La prétendue règle se con-

Digitized by Google

tredit elle-même, elle n'est donc pas soutenable. Ces considérations ont joué un grand rôle dans l'histoire de la science.

On peut par la pensée faire décroître, et finalement *supprimer*, un ou plusieurs éléments ayant sur un fait une influence quantitative, de façon à ce que les autres circonstances agissent seules. Ce procédé important, souvent inapplicable au point de vue physique, peut être envisagé comme une idéalisation ou une abstraction. Imaginons que le frottement d'un corps poussé sur un chemin horizontal diminue jusqu'à disparaître; nous arrivons ainsi à nous figurer un corps animé d'un mouvement uniforme sans résistance extérieure. Dans la réalité, ce cas ne peut se produire. Aussi, Apelt remarque-t-il avec raison que la loi de l'inertie a été découverte par abstraction, mais on y a été conduit par l'expérimentation mentale et la méthode de la variation continue.

Toutes les notions et lois physiques générales, la notion de rayonnement, les lois de la dioptrique, la loi de Mariotte, etc., sont acquises par idéalisation. Elles prennent par là cette forme générale simple et en même temps peu déterminée, qui permet de reconstituer un fait quelconque même compliqué, c'est-à-dire de le comprendre à l'aide d'une combinaison synthétique de ces notions et de ces lois. Citons comme exemple les considérations de Carnot sur les corps absolument mauvais conducteurs, sur l'égalité complète de température des corps en contact, sur les *processus* irréversibles, et

Digitized by Google

la notion de corps absolument noir, introduite par Kirchhoff.

L'expérience grossière et instinctive nous donne des images assez peu déterminées du monde. Elle nous apprend, par exemple, que les corps lourds ne montent pas d'eux-mêmes, que des corps de même température, placés en face l'un de l'autre, gardent la même température, etc. Ces résultats de l'expérience semblent peu de chose, mais ils sont d'autant plus sûrs qu'ils reposent sur une base plus large. L'expérimentation quantitative, conduite avec méthode, donne des détails beaucoup plus complets, mais c'est quand nous les relions à ces expériences grossières que les représentations quantitatives, que nous lui devons, gagnent le plus de solidité. Ainsi, par une expérimentation mentale restée classique, Stevin adapte ses représentations quantitatives pour le plan incliné, et Galilée, les siennes pour la chute des corps, à cette expérience grossière sur les corps lourds. On peut citer encore Fourier pour les lois de rayonnement, et Kirchhoff pour la relation entre l'absorption et l'émission de la chaleur. C'est en cherchant à généraliser une expérience concernant les corps pesants, et à y adapter une représentation quantitative, que Carnot trouve son importante proposition et qu'il fait ainsi la plus remarquable expérimentation mentale. Sa méthode est devenue d'une inépuisable fécondité entre les mains de James et William Thomson.

C'est la nature de l'expérience antérieurement

Digitized by Google

acquise, qui fait le succès d'une expérimentation mentale. Un corps froid reçoit de la chaleur d'un corps chaud qui le touche; un corps, qui fond ou qui bout, se trouve en contact avec un corps chaud et pourtant ne s'échauffe pas : dès lors il n'est pas douteux pour Black que, par le passage d'un corps à l'état de vapeur ou de liquide, la chaleur devienne latente. Voilà où s'arrête l'expérimentation mentale, et Black ne peut déterminer la *valeur* de la chaleur latente que par une expérimentation physique. Mayer et Joule arrivent par l'expérimentation mentale à la notion de l'équivalence, mais il faut que Joule détermine la valeur numérique par une expérience physique, tandis que Mayer réussit à la déduire de nombres *déjà connus*.

Si l'expérimentation mentale ne nous conduit à aucun résultat bien déterminé, nous avons l'habitude, avant de passer à l'expérimentation physique, de chercher à *deviner* le résultat et nous en acceptons provisoirement une détermination approchée. Cette façon d'agir n'a rien d'antiscientifique, et des exemples classiques vont nous permettre d'expliquer ce procédé naturel. Nous voyons clairement, en y regardant de près, que souvent il détermine seul la forme de l'expérimentation physique, suite naturelle de l'expérimentation mentale.

Avant que Galilée eût étudié la chute des corps, il ne connaissait que par ses observations et ses réflexions l'accroissement de la vitesse et il dut faire une hypothèse sur la nature de cette accélé-

Digitized by Google

ration : c'est seulement quand il chercha à vérifier les conséquènces tirées de cette hypothèse que son expérimentation devint possible. Cela tient à ce que la conclusion analytique de la loi des espaces à partir de la loi des vitesses était plus difficile que la conclusion synthétique inverse. Souvent le processus analytique, à cause de son indétermination, est très difficile à appliquer, et la situation dans laquelle se trouvait Galilée n'est pas unique dans la science. La règle des mélanges de Richmann, la périodicité sinusoïdale de la lumière et beaucoup d'autres conceptions physiques importantes ont été devinées.

La méthode qui consiste à deviner le résultat d'une suite d'expériences a aussi une haute valeur *didactique*. Pendant que quelques élèves devinent à peu près ce qu'il y a de plus vraisemblable, d'autres conjecturent des résultats inouïs. La plupart du temps, on croit que ce qui doit arriver est ce qui est le plus conforme à ce qu'on connaît déjà. Ainsi, dans le Ménon de Platon, l'esclave croit qu'en doublant le côté du carré on en double la surface ; de même, nos petits élèves disent volontiers que, si on double la longueur d'un pendule, la durée d'oscillation devient deux fois plus grande, et l'élève le plus avancé peut commettre des méprises analogues, quoique moins frappantes. Mais ces erreurs font bien saisir la différence entre ce qui est déterminé logiquement ou physiquement et ce qui ne résulte que d'une pure analogie ; elles apprennent aussi à distinguer

Digitized by Google

ce qui peut être deviné de ce qui ne peut absolument pas l'être.

Les processus décrits ici séparément peuvent intervenir simultanément et se combiner. En se représentant le rôle que jouent les souvenirs dans l'édification de la Science, on comprend que Platon ait été amené à penser que tout ce que l'on étudie et que l'on apprend ne soit qu'un ressouvenir.

L'expérimentation mentale, si importante pour le physicien de carrière, est aussi nécessaire pour le développement psychique de l'individu. Comment apparaît-elle d'abord ? Comment peut-elle se développer ensuite en une méthode employée volontairement, consciemment et intelligemment ? De même que chaque mouvement, avant de devenir un mouvement volontaire, a dû se présenter par hasard et comme un mouvement réflexe, de même, dans des circonstances *convenables*, il se produit une modification *irréfléchie* des pensées, et cette modification, une fois remarquée, prend le caractère d'une habitude persistante. C'est par le *paradoxe* que cela arrive le plus naturellement.

Non seulement le paradoxe nous fait sentir plus vivement la nature d'une question dont le contenu pose déjà un problème, mais les éléments contradictoires ne laissent plus nos pensées en repos, ils sont le point de départ du processus, que nous avons appelé expérimentation mentale. Pour nous en rendre compte, supposons que nous entendions pour la première fois une des questions vexatoires

Digitized by Google

classiques, telle que : une mouche est posée dans une fiole tarée fermée, qu'arrive-t-il, si elle se met à voltiger dans l'intérieur de la fiole? Ou bien reportons-nous à deux faits historiques importants : l'apparente incompatibilité des principes de Carnot et de Mayer, et l'opposition entre les phénomènes de la polarisation chromatique et les interférences. L'action du paradoxe s'est exercée sur Clausius et Thomson dans un cas, comme sur Young et Fresnel dans l'autre. Par l'analyse des travaux des autres et des siens propres, tout chercheur peut voir à quel point le succès et l'échec dépendent toujours de ce que *tout* l'effort a été appliqué ou non aux points *paradoxaux*.

L'expérimentation mentale, si importante en physique, l'est aussi dans toutes les branches de la Science, même là où les profanes s'attendraient le moins à la rencontrer, en mathématiques. Euler, par sa méthode de recherches, donne tout à fait l'impression d'un expérimentateur, qui étudie pour la première fois un sujet nouveau. Il ne faut pas se laisser tromper par la forme, même quand l'exposé d'une science est purement déductif. Nous avons affaire en mathématiques à une construction de pensées édifiée sur le tard, le résultat des expérimentations mentales antérieures étant bien connu de l'auteur et lui étant familier. C'est ainsi que sont établies toutes les définitions, toutes les preuves, toutes les déductions.

L'histoire de la Science met en pleine évidence

Digitized by Google

le fait que les mathématiques, arithmétique et géométrie, se sont développées à la suite d'une collection fortuite d'expériences isolées sur des objets matériels qu'on pouvait compter et mesurer. Tous ceux qui ont cherché à résoudre des problèmes mathématiques ou à intégrer des équations reconnaîtront sans peine qu'une expérimentation mentale précède la solution définitive. La méthode des coefficients indéterminés, si féconde et historiquement si importante, est, à proprement parler, une méthode expérimentale.

Celui qui décrit un cercle remarque qu'à tout rayon incliné vers la gauche, à partir d'une position initiale fixe quelconque, correspond un rayon également incliné vers la droite et que le cercle est complètement symétrique ; tout diamètre est un axe de symétrie, etc. Le mouvement des figures, leur déformation continue, la diminution ou l'augmentation illimitée d'éléments particuliers sont ici des moyens, qui vivifient la recherche et nous mènent à des vues nouvelles.

Il est naturel d'admettre que c'est justement dans ce domaine scientifique si simple, si fertile et si facilement accessible que les *méthodes* de l'expérimentation *physique* et de l'expérimentation *mentale* se sont d'abord développées pour passer de là aux autres sciences. Cette opinion serait certainement beaucoup plus répandue si l'enseignement des mathématiques élémentaires ne se faisait d'habitude dans des cadres dogmatiques fixes, sous forme de propositions, où la méthode

Digitized by Google

heuristique est masquée d'une façon si regrettable.

En réalité, il n'y a pas d'abîme entre l'expérimentation et la déduction : il s'agit toujours d'adapter des pensées aux faits, et des pensées les unes aux autres. Un essai, qui ne donne pas le résultat attendu, peut-être très désavantageux pour le technicien qui construit; mais le chercheur y verra surtout la preuve que les idées ne correspondent pas exactement aux faits. Un désaccord qui s'exprime d'une façon nette peut précisément conduire à de nouveaux éclaircissements et à de nouvelles découvertes.

Le lien étroit entre la pensée et l'expérience est la base de la science moderne. L'expérience éveille une pensée qui, comparée à nouveau à l'expérience, puis modifiée, constitue une conception nouvelle à laquelle s'applique le même procédé. Ce développement peut absorber l'activité de plusieurs générations avant d'être complet.

On entend souvent dire que la recherche scientifique ne peut être enseignée. Cela est vrai dans un certain sens : les cadres de la logique *formelle*, ceux même de la logique *inductive* ne peuvent être bien utiles, car les situations intellectuelles ne se répètent jamais exactement. Mais les exemples des grands chercheurs sont très suggestifs, et il est certainement très profitable de pratiquer à leur instar l'expérimentation mentale. Aujourd'hui nous résolvons aisément des problèmes qui auraient présenté pour les chercheurs d'autrefois de grandes difficultés.

Digitized by Google

CHAPITRE XII

L'expérimentation physique et ses guides.

On peut définir l'expérimentation physique la recherche *autonome* de nouvelles réactions ou de nouvelles relations. Nous l'avons déjà vue intervenir comme suite naturelle de l'expérimentation mentale, dans les cas où celle-ci ne décidait que difficilement, ou incomplètement, ou pas du tout.

Une observation fortuite peut aussi nous amener à chercher de nouvelles réactions et de nouvelles relations : nous pouvons l'observer sur des animaux et sur nous-mêmes, si nous y prêtons quelque attention. Dans ces cas, nous avons le droit de parler d'une expérimentation instinctive.

Mais si une observation fortuite nous rappelle d'une façon inaccoutumée une relation déjà connue, plus encore si elle se trouve en *opposition* manifeste avec ce à quoi nous sommes habitués, elle nous pousse à l'expérimentation physique. Les cas de ce genre sont nombreux ; citons seulement la

Digitized by Google

lampe dont Galilée observe les oscillations, les franges colorées que remarque Grimaldi, les couleurs des bulles de savon de Boyle et de Hooke, la grenouille de Galvani, l'aiguille magnétique dont un disque de cuivre amortit les oscillations, etc. Tous les expérimentateurs peuvent trouver dans leurs propres souvenirs des exemples analogues. J'ai cité les précédents à cause de leur importance historique et de leurs conséquences.

L'expérimentation physique et l'observation méthodique sont toujours guidées par la pensée, et ne peuvent être séparées nettement de l'expérimentation mentale. Nous en trouverons les idées directrices en étudiant les travaux des chercheurs, mais nous n'avons nulle prétention à en donner un exposé complet.

Ce que l'expérimentation peut nous faire connaître, c'est la *dépendance* relative des éléments d'un phénomène, ou leur *indépendance*. La méthode fondamentale est la méthode des variations. Si nous faisons varier arbitrairement un certain groupe d'éléments, ou même un seul élément, d'autres éléments varieront en même temps. Si nous pouvions faire varier chaque élément isolément, la tâche serait relativement facile, mais les éléments sont en géneral groupés de telle façon que plusieurs d'entre eux varient simultanément. Alors il devient nécessaire de recourir à des combinaisons de variations. Quand le nombre des éléments augmente, le nombre des combinaisons à essayer croît si rapidement, que l'étude systématique de la ques-

Digitized by Google

tion devient pratiquement impossible. Sans une certaine habitude, qui nous vient des observations fortuites, l'expérimentation serait presque toujours impuissante. L'expérience, acquise au service de nos besoins biologiques, nous facilite essentiellement le travail en nous donnant une idée grossière des relations les plus importantes, et, quand nous commençons une recherche expérimentale, nous savons, au moins à peu près, quelles sont les circonstances à négliger provisoirement.

Nous devons distinguer entre les *relations qualitatives* et les *relations quantitatives*. Un certain rouge et un certain vert donnent du blanc, tandis que du rouge et du bleu donnent du violet : voilà des relations qualitatives. Au contraire, la relation entre l'angle de réfraction et l'angle d'incidence est quantitative. Ces deux angles ne sont pas si différents l'un de l'autre que le rouge et le vert; ils se laissent décomposer en éléments égaux, et ne diffèrent l'un de l'autre que par le nombre de ces éléments. La relation quantitative est un cas particulier plus simple de la relation qualitative. Quand nous avons trouvé une équation nous permettant de déduire du nombre des éléments de l'angle d'incidence, celui des éléments de l'angle de réfraction ($\sin \alpha = n \sin \beta$), nous avons substitué avec grand avantage l'emploi d'une formule à la nécessité de consulter des tableaux construits à l'avance.

Au lieu de décrire en détail comment les radiations lumineuses diversement colorées sont réfractées dans le prisme, nous pouvons caractériser la

Digitized by Google

qualité de la couleur par la longueur d'onde (ou la largeur des bandes d'interférence) et trouver une formule qui nous donne les indices de réfraction en fonction des longueurs d'onde. Les sciences tendent à remplacer autant que possible les relations qualitatives par des relations quantitatives.

Il est très important d'*écarter* ce qui masque ou ce qui trouble la relation que l'on cherche. Pour étudier la réfraction de la lumière par un prisme, Newton expérimente dans une chambre noire; il ne laisse entrer qu'un étroit pinceau de lumière solaire; au moyen d'une lentille, il forme une petite image lumineuse, et il obtient finalement, juxtaposées, les images correspondant aux rayons de différentes couleurs.

Les grands expérimentateurs ont toujours cherché à écarter toutes les influences étrangères, en *simplifiant* leur dispositif pratique. Leurs écrits sont riches en exemples de ce genre, et rien ne saurait en remplacer la lecture.

Galilée met en évidence l'action réciproque des aimants, en les plaçant dans de petits tubes de verre, qui nagent sur l'eau. Après avoir calculé la vitesse du son, il contrôle le résultat par l'expérience, et fait ses observations dans une longue galerie, en observant l'écho multiple et en se servant d'un pendule de longueur variable. Les appareils d'Ampère, de Faraday, de Bunsen sont des modèles de simplicité et de convenance.

Mais il ne faut pas seulement chercher la simplicité dans des expériences que l'on installe à

Digitized by Google

dessein; il faut aussi apprendre des grands chercheurs à voir, dans des phénomènes tout ordinaires, autre chose que des banalités sans intérêt. L'attention stimulée vers un but déterminé peut surprendre, même dans la vie journalière, les traces de relations importantes, et, tant que l'on n'a pas acquis cette capacité, on a peine à faire des découvertes par voie expérimentale.

Huygens observe de petits morceaux de cire à cacheter qui se rassemblent sur l'axe de rotation, au fond d'une masse d'eau agitée en tourbillon, et le phénomène le fait songer à la gravitation. L'image extrêmement nette de pattes de mouches très fines, éclairées par de la lumière monochromatique et vues à travers un prisme, est pour Newton la preuve que la lumière monochromatique n'est plus décomposée par le prisme. Des expériences faites avec des ustensiles ordinaires, comme celles que Tissandier a décrites, sont très intéressantes, parce qu'elles aiguisent le regard et le dirigent sur des sujets auxquels on ne prête d'ordinaire aucune attention.

Si deux éléments dépendent l'un de l'autre, la supposition la plus simple à faire est qu'ils varient dans le même sens, qu'ils s'annulent en même temps, et changent de signes en même temps. On pourrait appeler cela le *parallélisme*.

Si un élément n'a sur un autre élément qu'une faible influence, de telle façon que les variations du second soient difficilement observables, il convient de les renforcer. Galilée, voulant mettre en

Digitized by Google

branle une lourde cloche, utilise déjà le phénomène de la sommation des effets, en lui communiquant, toujours à la même phase de son oscillation, de petites impulsions; et il explique de cette façon la résonance. Aujourd'hui, on recourt au même procédé pour obtenir, par la méthode balistique, de fortes impulsions de l'aiguille du galvanomètre avec des courants très faibles. On augmente la déviation de l'aiguille d'un galvanomètre en multipliant le nombre des spires de la bobine. Fresnel, dans son réfractomètre interférentiel, fait parcourir à la lumière des chemins assez longs pour avoir une différence de marche notable dans l'air sec et dans l'air humide. Faraday fait réfléchir plusieurs fois le rayon polarisé dans la direction des lignes de force magnétique. Voilà des exemples de la *sommation des effets*.

Quand la détermination *directe* d'un élément est peu commode, difficile ou impossible, on *substitue* parfois à cet élément un élément connu équivalent. Pour déterminer la résistance d'un conducteur, on installe à sa place un fil de longueur telle que tous les phénomènes restent les mêmes. Quand Hirn, faisant ses expériences sur les quantités de chaleur produites par un homme au travail et un homme au repos, introduisait dans son grand calorimètre un homme qui pouvait actionner une roue ou rester tranquille, la quantité de chaleur produite était très difficile à déterminer directement. Hirn fit des expériences comparatives en remplaçant l'homme par un brûleur à

Digitized by Google

gaz, réglé de façon à produire, dans le même temps, le même effet sur le calorimètre, et la consommation du gaz lui donna facilement la quantité de chaleur produite.

La méthode de *compensation* est employée aussi pour faire des déterminations indirectes. On ajoute à l'élément difficile à déterminer un autre élément facile à déterminer, qui le compense. Par exemple, deux rayons présentant une très grande différence de marche, ne donnent plus de franges d'interférence; on peut compenser cette différence de marche, en intercalant sur le trajet du rayon qui n'a pas été retardé une lame de verre d'épaisseur connue, et on détermine indirectement la différence de marche. On peut ramener à zéro l'impulsion que produit sur le galvanomètre une pile thermo-électrique échauffée par un rayonnement inconnu, en faisant agir sur l'autre face de la pile un rayonnement connu.

L'emploi de la compensation est encore important à un autre point de vue. Si A agit sur B en déterminant l'intervention de N, qui agit à son tour sur B, la relation qui existe simplement entre A et B se trouve troublée; il faut alors s'efforcer de compenser N. Par exemple, Jamin fait passer deux faisceaux à travers des tubes remplis d'eau, d'égale longueur. S'il comprime l'eau dans un tube, le faisceau lumineux correspondant est aussitôt retardé; mais ce retard tient en partie à ce que le tube s'est un peu allongé. Jamin compense à peu près cette dernière circonstance en plaçant

Digitized by Google

les deux tubes en question dans un tube plus grand et rempli d'eau à la pression ordinaire.

On recourt encore au principe de compensation dans la technique et les applications pratiques, quand il s'agit de maintenir constantes certaines grandeurs, par exemple la longueur d'un pendule.

La substitution et particulièrement la compensation conduisent aux *méthodes* dites de *zéro*. Supposons qu'on veuille étudier de petites variations de B dépendant des variations de A : on réalise la sensibilité maxima en compensant B de telle sorte qu'il ne devienne perceptible que quand A éprouve des variations à partir d'une certaine valeur. A est, par exemple, la température d'un corps dont la résistance électrique B dépend de la température ; on installe un galvanomètre, dont on compense la déviation par l'interposition d'une résistance égale (dispositif du pont de Wheatstone). Dès que B augmente par suite de l'élévation de la température A, en supposant, bien entendu, que la résistance compensatrice ne varie pas, la variation de B est aussitôt indiquée par une déviation du galvanomètre (bolomètre). Si, sur une plaque traversée par un courant, on choisit deux points situés sur une ligne équipotentielle et qu'on relie ces deux points aux bornes d'un galvanomètre, l'aiguille reste au zéro. Les plus petits déplacements dissymétriques des lignes équipotentielles dus, par exemple, à une variation magnétique de la plaque, donnent lieu immédiatement à un écart de l'aiguille (phénomène de Hall). L'appli-

Digitized by Google

cation du compensateur de Soleil aux recherches polarimétriques est aussi un exemple de méthode de zéro.

On doit naturellement étudier d'une manière indirecte les phénomènes trop rapides pour être observés directement. On emploie pour cela la méthode de *composition*, dans laquelle le phénomène inconnu donne une composante qui, avec une autre composante connue, fournit une résultante observable. C'est le principe de l'appareil de Morin pour la chute des corps et du miroir tournant de Wollaston. En perfectionnant le procédé du miroir tournant, Feddersen est parvenu à faire l'étude précise des oscillations électriques. Mentionnons encore la méthode de Foucault pour la mesure de la vitesse de la lumière et les nombreuses applications du miroir tournant à l'acoustique. Il est tout naturel de choisir, pour constituer la composante connue, un rayon lumineux, dont le mouvement n'influence nullement le phénomène à étudier.

Un intérêt spécial s'attache aux expériences, qui ne nous font pas connaître la dépendance des valeurs de deux éléments A et B, mais par lesquelles nous acquérons une vue d'ensemble sur tout un système de valeurs dépendant les unes des autres. Quand Newton promène dans le spectre les verres producteurs d'anneaux et qu'il observe la contraction de ces anneaux en passant du rouge au violet, il fait une expérience de cette sorte. Si l'on produit des phénomènes de diffrac-

Digitized by Google

tion avec une fente étroite très courte et si, à l'aide d'un prisme, on en étale le spectre dans le sens de la fente, c'est-à-dire perpendiculairement à la direction de la diffraction, on obtient simultanément les phénomènes de diffraction monochromatique pour toutes les couleurs. Ce sont là des expériences *collectives*.

Quand on expérimente, il faut toujours faire bien attention aux erreurs possibles, pour ne pas en faire une fausse interprétation, et c'est tout particulièrement nécessaire quand on n'attend que de petites indications. Quand Faraday étudiait l'influence d'un fort électro-aimant sur des substances faiblement magnétiques, il vérifiait, au point de vue magnétique, tous les supports (papier, verre, etc.) où il plaçait les corps à étudier, et c'était seulement quand il s'était assuré que les supports n'avaient pas d'action, qu'il accordait sa confiance aux expériences faites avec la substance elle-même. Une expérience, dans laquelle on écarte ainsi l'objet que l'on veut étudier, s'appelle une expérience *à blanc* (Blinder Versuch). Avant de se servir d'un appareil de Marsh pour rechercher l'arsenic dans une substance, le chimiste commence par vérifier que les caractères de l'arsenic ne se manifestent pas, tant qu'il n'a pas mis dans l'appareil la substance à étudier.

L'histoire de la Science nous apprend que les expériences qui donnent un *résultat négatif* ne doivent jamais être considérées comme définitives. Avec ses balances, Hooke ne put montrer que le

Digitized by Google

poids d'un corps dépend de sa distance à la terre; nous le faisons facilement aujourd'hui avec des balances plus sensibles. Herschel ne put observer la rotation du plan de polarisation magnétique, Faraday réussit à la mettre en évidence.

Les différents guides indiqués ici sont tirés d'expériences qui ont réellement été faites, mais notre exposé n'est pas complet, car les savants de génie en trouveront toujours de nouveaux.

Plusieurs de ces *leit-motifs* peuvent se trouver réunis. Dans les méthodes de Fizeau et de Foucault pour la mesure de la vitesse de la lumière, interviennent, avec la composition et la sommation des effets, le souci de rendre fixe dans le temps un phénomène momentané : Fizeau mesure des maxima et des minima de l'intensité lumineuse et Foucault observe des déplacements d'images. Maxima, minima et déplacements d'images dépendent de la vitesse que l'on cherche.

Toutes nos idées viennent des expériences antérieures et peuvent se modifier par des expériences à venir. Dans quelle mesure peut-on les considérer comme justes? Dans quelle mesure seront-elles modifiées éventuellement, si les circonstances viennent à changer? Ces questions générales sont de la plus haute importance pour le savant, qui aborde les recherches expérimentales.

On est particulièrement tenté d'étendre à d'autres cas analogues les résultats trouvés pour un cas connu. L'analogie entre la chaleur et l'électricité, les phénomènes de diffusion et les phénomènes

Digitized by Google

mécaniques, etc., a suggéré de nombreuses expériences. Des aimants agissent l'un sur l'autre. Un courant agit sur un aimant comme un autre aimant. Des courants agiront-ils l'un sur l'autre comme des aimants? Arago a fait remarquer que, dans ces considérations d'analogie, il faut tenir un compte très serré des différences. Un aimant et un morceau de fer doux s'attirent réciproquement, et le fer doux se comporte alors comme un aimant, mais deux morceaux de fer doux restent indifférents l'un par rapport à l'autre. D'ailleurs le courant et le fer doux ne se comportent pas de même façon vis-à-vis de l'aimant : il y a pour l'un une polarisation, qui n'existe pas pour l'autre.

On a le droit de penser à la possibilité d'une opposition quand certains phénomènes se présentant à des degrés divers, par exemple, des corps, présentant des degrés différents de magnétisme, nous font songer au diamagnétisme. Connaissant une sorte de double réfraction qu'on appelle négative, on cherche la double réfraction positive. On n'a pas réellement trouvé par cette voie tous les phénomènes qu'elle aurait pu indiquer, mais on en a découvert plusieurs par hasard : à côté d'une sorte d'électricité déjà connue, Dufay en trouve une autre.

Le contraste, que l'on croit voir au début, n'est pas forcément réel. On ne considère plus aujourd'hui le magnétisme et le diamagnétisme comme opposés l'un à l'autre, mais l'on y voit simplement des degrés différents de magnétisme par

Digitized by Google

rapport à un milieu répandu partout, et on n'attribue plus l'ascension de certains corps dans l'air à une pesanteur négative, mais seulement à ce que leur poids spécifique est moindre que celui de l'air. On peut en dire autant de la chaleur et du froid, des électricités positive et négative. Ce sont d'ailleurs des modifications qui rentrent dans le domaine de la théorie.

Quand les circonstances d'un fait varient d'une façon continue, nous nous attendons à voir les résultats expérimentaux varier d'une façon *continue*. Il y a un passage continu des solides aux liquides au point de vue de la rigidité et de la viscosité. Une pression inégale dans les différentes directions communique aux corps solides la double réfraction. On est ainsi en droit de penser que, soumis à une traction ou à une pression convenable, les corps plastiques et les liquides visqueux présenteront la double réfraction, et on l'a observée réellement. Puisqu'il n'y a pas de liquide tout à fait exempt de rigidité et de viscosité, seules, la grandeur des forces et la vitesse des déformations font que la double réfraction peut s'observer. Rappelons encore l'étroite parenté qui existe entre les gaz et les vapeurs au point de vue de la liquéfaction par pression et par refroidissement.

Quaud on fait varier les circonstances dans lesquelles se produit un phénomène, on cherche à l'étudier pour leurs *valeurs extrêmes*; on cherche, par exemple, pour les plus hautes et les plus basses températures, quelles sont la dureté d'un

Digitized by Google

corps, son élasticité, sa résistance électrique, etc. On étudie les propriétés du vide le plus parfait possible, les longueurs d'ondes lumineuses les plus longues et les plus courtes, etc. Ces recherches sont toujours fécondes.

Un gaz que l'on chauffe s'étend, un gaz qui s'étend sous pression se refroidit. Le courant agit sur le pôle magnétique, et le pôle magnétique agit sur le courant en sens inverse. Le courant continu aimante le fer, et un aimant, qu'on approche d'un circuit, ou dont l'intensité magnétique varie, éveille dans le circuit, pendant toute la durée du changement, un courant qui tend à éloigner l'aimant ou à l'affaiblir. Quand le courant thermo-électrique de Seebeck traverse la soudure chaude en allant d'un métal M à un métal N, le courant qui va de M à N refroidit la soudure (Peltier).

Ce sont là des exemples de *phénomènes inverses* et nous pouvons les présenter sous la forme schématique suivante : si A régit la production de B, inversement, B régit la production du phénomène inverse de A. Nous avons là un bon guide de l'expérimentation, mais il s'en faut de beaucoup qu'on ait découvert par cette voie tous les phénomènes auxquels elle aurait pu conduire.

Peltier ne cherchait pas le phénomène inverse du phénomène de Seebeck; il pensait à une influence de la conductibilité calorifique des métaux dans l'expérience de Seebeck. Échauffant par un courant les métaux de la pile thermo-électrique, il trouva, dans la température des sou-

Digitized by Google

dures, une inégalité qui dépendait du sens du courant. Si l'on enferme une tige de bismuth et une tige d'antimoine un peu fortes dans le réservoir d'un thermomètre à air, on observe un échauffement, quand le courant positif va de l'antimoine au bismuth, et un refroidissement inattendu, quand il passe en sens inverse.

Lorsque nous cherchons le phénomène inverse, le guide que nous venons de signaler peut bien nous donner une indication, mais il ne peut nous conduire à lui seul. Un courant continu peut bien créer un aimant, mais un aimant constant au repos ne peut pas donner naissance à un courant, qui représenterait un travail sans dépense d'énergie équivalente. Seule, l'association du principe de l'énergie et de la loi de l'inversion nous donne un système complet de phénomènes directs et inverses. Il nous fallait donc, en plus de notre guide, des expériences spéciales. Cela tient à ce que dans les phénomènes étudiés nous avons rarement affaire à des relations simples et immédiates. Quand deux corps réagissent l'un sur l'autre sans intermédiaire, c'est aux dépens de l'un d'eux que s'effectue toute modification de l'autre. Si toutes les relations étaient aussi simples, le guide en question pourrait nous conduire en toute sûreté. Quand les relations réciproques des phénomènes sont plus compliquées, nous ne pouvons plus trouver directement le phénomène inverse.

Digitized by Google

CHAPITRE XIII

La Similitude et l'Analogie motifs directeurs de la Recherche scientifique.

La similitude est une identité partielle : parmi les caractères des objets semblables, les uns sont identiques et les autres différents.

L'analogie est un cas particulier de similitude. Sans qu'un seul caractère perceptible soit identique dans deux objets, il peut exister entre les caractères d'un objet des relations qui se retrouvent identiquement entre les caractères de l'autre objet. On peut dire que l'analogie est une similitude abstraite. L'observation sensible immédiate peut ne pas découvrir l'analogie, celle-ci ne se manifestant que par la comparaison de relations abstraites entre les caractères de deux objets.

Maxwell a dit : « J'entends par analogie physique une similitude partielle existant entre deux classes de phénomènes et qui fait que chacune d'elles *illustre* l'autre. » C'est moins une définition de l'analogie que la mise en relief de sa propriété

Digitized by Google

la plus intéressante pour le savant. Les idées de Maxwell ne diffèrent pas dans leur essence de celles que j'expose ici.

Remarquons qu'entre des objets, dont la similitude s'offre immédiatement à l'observation sensible, il peut exister aussi une analogie qui passe inaperçue.

La similitude de divers objets, observée par les sens, provoque déjà involontairement et inconsciemment des réactions motrices similaires à l'égard de ces objets. L'intellect à son éveil se comporte aussi comme cela à l'égard des objets semblables : l'histoire de la civilisation le montre amplement. Mais quand la pensée abstraite a acquis un développement plus poussé, l'effort conscient, qui cherche à affranchir l'homme de toute gêne pratique ou intellectuelle, se laisse guider tantôt par des similitudes, tantôt aussi par des analogies plus profondes.

Il semble qu'on ait d'abord reconnu l'utilité de l'analogie en mathématiques, pour expliquer ou simplifier les connaissances déjà acquises, et pour en trouver de nouvelles. Aristote rattache l'analogie à des rapports quantitatifs de proportionnalité, mais les premiers géomètres avaient déjà dû rencontrer des analogies plus simples. Euclide appelle surface et côtés le produit de deux nombres et ces facteurs ; il appelle carré et cube le produit de deux ou trois facteurs égaux. Quand Platon parle de géométrie, il s'exprime d'une façon semblable.

Digitized by Google

L'invention de l'algèbre suppose la connaissance de l'analogie des opérations du calcul, malgré la diversité des nombres qui y figurent.

La géométrie cartésienne utilise beaucoup l'analogie entre l'algèbre et la géométrie ; la mécanique de Grassmann recourt à l'analogie entre des lignes et des forces, des surfaces et des moments, etc. Toutes les applications des mathématiques à la physique reposent sur des considérations d'analogie entre les phénomènes de la nature et les opérations du calcul.

Nous ne savons presque rien sur la façon dont s'est faite la science antique. Les plus importants résultats nous en sont seuls parvenus, et l'exemple d'Euclide nous fait voir que la forme de l'exposition masque souvent les voies de la recherche. Malheureusement pour l'intérêt de la science, et sous le prétexte d'une rigueur mal placée, on a souvent imité ce vieil exemple, même dans les temps modernes. Et cependant une idée se trouve bien mieux établie, quand on connaît les motifs qui y ont conduit et le chemin par lequel on y est arrivé. Elle ne tient du lien logique avec des pensées plus anciennes, plus familières et non contestées qu'une partie de sa solidité : mais si les motifs, qui ont conduit à cette idée, sont clairement exposés, elle restera tant que ces motifs garderont leur valeur et, d'autre part, elle ne comptera plus dès que ces motifs seront reconnus caducs.

Le charme incomparable des écrits des savants de la Renaissance et le profit tout spécial que nous

Digitized by Google

tirons de leur lecture, tiennent à ce que ces grands hommes, sans aucune arrière-pensée de cachotterie mesquine, heureux de leurs recherches et de leurs découvertes, nous apprennent comment ils sont arrivés à débrouiller les faits. Copernic, Stevin, Galilée, Gilbert, Képler, par l'exemple des grands résultats auxquels ils sont parvenus, nous enseignent en toute simplicité les *leit-motifs* de la recherche scientifique. Nous y trouvons les diverses méthodes : expérimentation physique et expérimentation mentale, analogie, principes de simplicité et de continuité.

La science de cette époque se caractérise encore par une tendance particulière à l'abstraction. Presque toujours le savant antique s'en tient à des connaissances de détails, mais celui qui possède un plus riche patrimoine est en meilleure posture. Il peut jeter un coup d'œil d'ensemble sur des trésors qui lui sont déjà familiers, et il découvre des traits communs là où, au début, on n'aperçevait que des différences. Notamment si les objets considérés varient d'une façon *continue*, progressive, il peut voir la parenté des termes éloignés d'une série, et mettre en relief ce qui est resté constant à travers tous les changements. Deux droites qui se coupent peuvent être envisagées comme une hyperbole, une portion de droite limitée, comme une ellipse, etc. Pour Képler, les parallèles sont des droites concourantes, dont le point de rencontre s'est éloigné; pour Desargues la droite est un cercle de centre infiniment éloigné, la tangente

Digitized by Google

est une sécante dont les deux points de rencontre sont confondus, et l'asymptote est une tangente, dont le point de contact s'éloigne indéfiniment. Cela nous paraît tout naturel, mais cela offrait aux anciens géomètres des difficultés insurmontables.

Le principe de *continuité* permet d'atteindre un haut degré d'abstraction, et naturellement augmente ainsi la capacité de saisir des analogies. La variation continue des grandeurs présente de l'analogie avec certaines relations géométriques intuitives, et cette analogie conduit au développement du calcul infinitésimal sous les formes que lui donnent Newton et Leibniz. Possédant à un haut degré la faculté d'abstraction, Lagrange peut entrevoir l'analogie entre les petits changements dus à des accroissements des variables indépendantes, et ceux qui proviennent de variations dans la forme de la fonction, et il réalise cette création surprenante : le calcul des variations.

Quand nous avons observé une identité entre divers caractères de deux objets, nous sommes portés à croire que cette identité se retrouvera entre leurs autres caractères. Cette attente *n'est pas logiquement justifiée*, car les procédés de la logique ne garantissent que l'accord qui a été observé, mais cette attente est fondée sur notre organisation psychologique et physiologique. Les raisonnements, qui ont pour base la similitude et l'analogie, ne relèvent pas, à strictement parler, de la logique formelle, mais plutôt de la psychologie.

Si les caractères dont il s'agit sont immédiate-

Digitized by Google

ment perceptibles, nous parlons de similitude; si ce sont des relations abstraites, nous employons de préférence le mot analogie.

Si certains de ces caractères nous sont indifférents, nous ne nous en inquiétons pas, mais que, par quelque propriété utile ou nuisible, ils acquièrent un intérêt biologique, qu'un but technique ou scientifique leur donne une valeur particulière, il en est tout autrement : nous sommes poussés à nous occuper de ces caractères, et, pour les étudier, nous avons recours, soit à la simple observation sensible, soit à des réactions plus compliquées d'ordre technique ou scientifique. Ensuite nous pouvons constater s'il y a ou non concordance pour le nouveau groupe de caractères; quoi qu'il en soit, notre connaissance de l'objet s'est étendue. Les deux cas sont également importants, et tous deux correspondent à une découverte. Nous recherchons de préférence les cas de concordance, qui nous permettent d'étendre économiquement une conception uniforme à un domaine de faits plus vaste.

Voilà comment il convient de chercher à fonder sur la biologie et la théorie de la connaissance, la valeur des raisonnements par similitude et par analogie. Nous comparons un ensemble de faits qui nous est familier à un autre que nous connaissons moins.

L'analogie est extrêmement importante pour la science. Déjà, dans l'antiquité, on expliquait les ondes sonores par les ondes à la surface de l'eau, qui sont directement observables. Ce que l'on savait

Digitized by Google

de la propagation du son a contribué à former les idées sur la propagation de la lumière, et la découverte des satellites de Jupiter par Galilée a plus fait pour le système de Copernic que tous les autres arguments, car ces satellites représentent un modèle réduit du système planétaire.

La rotation du plan de polarisation par le courant électrique, observée par Faraday en 1845, est un des exemples les plus remarquables d'une grande découverte faite par analogie. J. F. W. Herschel avait pressenti, vingt ans plus tôt, cette relation de la lumière et de l'électricité; ses expériences devaient échouer, car il employait des courants trop faibles, mais il était guidé par une idée juste, comme il l'explique dans une lettre à Faraday datée du 9 Novembre 1845. La rotation du plan de polarisation ayant donné à Herschel l'impression d'une *vis*, il cherchait dans le quartz une structure hélicoïdale dissymétrique, rattachant ainsi à une dissymétrie du milieu la dissymétrie optique. Si l'on considère un courant électrique rectiligne, laissant toujours à la gauche du bonhomme d'Ampère le pôle nord de l'aiguille magnétique placée n'importe où dans son voisinage, on se rend compte de la dissymétrie hélicoïdale du champ magnétique qu'il produit. Herschel, pensant que le champ magnétique d'un courant devait agir comme le quartz sur la lumière polarisée, fait passer un rayon lumineux selon l'axe d'une bobine traversée par un courant, et une autre fois fait passer le rayon entre deux fils parallèles, que parcourent des courants de sens

Digitized by Google

contraires. Il n'obtint pas de résultat positif, mais sa première expérience correspondait à celle de Faraday.

Un autre exemple va nous montrer qu'il peut y avoir avantage à établir une analogie entre plusieurs ensembles de faits déjà connus. La théorie de la propagation de la chaleur donnée par Fourier, et qui semble s'être développée par analogie avec l'hydrodynamique, a, d'autre part, servi de modèle à d'autres théories, telles que celle des courants électriques et celle des courants de diffusion. Indépendamment de ces théories, et à côté d'elles, s'est développée une théorie des forces à distance, une théorie de l'attraction. Le rapprochement de ces diverses théories conduit à des analogies intéressantes. Lord Kelvin, ayant d'abord comparé la théorie de la propagation de la chaleur à celle de l'attraction, a trouvé que l'on peut passer des formules de l'une aux formules de l'autre, en remplaçant la température par le potentiel et la chute de température par la force. Cette parenté est extrêmement intéressante, car les représentations fondamentales, qui sont à la base des deux théories, semblent différer complètement, puisqu'on ramène la conduction de la chaleur à des actions de contact, et l'attraction, à des actions à distance. Ces idées ont puissamment agi sur Maxwell. Il reconnut à son tour que les théories de Faraday pour l'électricité et le magnétisme se plaçaient sur le même rang que la théorie de l'action à distance, jusqu'alors seule admise en physique mathéma-

Digitized by Google

tique, puis il porta son attention sur les grands avantages qu'offraient les vues de Faraday. L'analogie entre les équations de la propagation de la lumière et celles des ondes électriques, la théorie électro-magnétique de la lumière et les expériences de Hertz sont si connues qu'il suffit de les mentionner.

Grâce à Maxwell, l'analogie est devenue en physique une *méthode bien expliquée*. Maxwell trouve que nous perdons trop de vue les phénomènes, quand nous exposons les résultats de nos recherches par des formules mathématiques. D'autre part, quand nous faisons une hypothèse, les choses nous apparaissent comme vues à travers un verre coloré, et l'explication, donnée d'un certain point de vue, nous rend aveugles à l'égard des faits.

Retrouvant dans les phénomènes électro-statiques, magnétiques, etc., des traits communs qui rappellent le phénomène de l'écoulement d'un *fluide*, Maxwell *idéalise* ce fluide pour rendre l'analogie complète. Il suppose qu'il est sans masse et incompressible, et qu'il s'écoule à travers un milieu résistant : il recourt ainsi à une image fictive faite pour les besoins de l'analogie, mais qui n'en est pas moins intuitive. On ne prend pas cette image pour quelque chose de réel, et on sait exactement en quoi elle concorde au point de vue abstrait avec ce qu'on veut représenter. La pression du liquide correspond aux différents potentiels, la direction du courant du liquide, à la direction du courant électrique, la variation de pression aux

Digitized by Google

forces, etc. Maxwell unit ainsi les avantages de l'hypothèse à ceux des formules mathématiques, et, selon une expression de Hertz un peu modifiée, les conséquences psychiques de l'image qu'il garde sont à leur tour des images des conséquences des faits. Maxwell s'approche d'une méthode idéale de recherches scientifiques : de là ses succès exceptionnels.

Les analogies complètes conduisent à de nouvelles concordances, mais la science peut également tirer profit d'analogies incomplètes qui accusent les différences entre les sujets étudiés : c'est la considération des différences qui a fait connaître les lois importantes de la dissipation de l'énergie ; sans elle, une théorie de l'énergie resterait limitée au premier principe de la thermodynamique.

Digitized by Google

CHAPITRE XIV

L'Hypothèse.

Instinctivement et involontairement, notre pensée forge une observation en *complétant*, dans ses parties ou ses conséquences, le fait observé. Le chasseur trouve une plume et son imagination lui fait voir de suite l'image complète de l'oiseau, du geai qui l'a perdue. Un courant marin apporte des plantes exotiques, des cadavres d'animaux, des bois sculptés, et Colomb entrevoit le pays lointain encore inconnu d'où viennent ces objets. Les animaux assez développés peuvent faire quelque chose d'analogue sous une forme toute rudimentaire. Le chat, qui cherche son image derrière un miroir, a fait lui aussi, instinctivement et inconsciemment, une hypothèse sur la matérialité de cette image et cherche à la vérifier. Mais, pour lui, le processus s'arrête là, tandis que, dans un cas analogue, l'homme s'étonne et réfléchit.

En fait, la formation des hypothèses scientifiques n'est qu'un perfectionnement de la pensée instinc-

Digitized by Google

tive, et nous pouvons trouver tous les intermédiaires. Il n'y a souvent que des conjectures toutes naturelles présentant à peine le caractère d'hypothèses, bien qu'elles n'en diffèrent pas qualitativement. Que Colomb pressente une terre à l'ouest, ou Leverrier une planète perturbatrice dans une certaine direction, l'observation ne fait que compléter d'une façon toute simple l'expérience journalière de l'observateur. Plus les observations sont neuves et inaccoutumées, plus nos conjectures sont, elles aussi, étranges, et pourtant elles doivent être empruntées au domaine de l'expérience : le coup de tonnerre et la chute d'un météorite éveillent l'idée d'un titan qui a jeté cette pierre. Les cornes de rhinocéros, prises pour des serres d'oiseau et trouvées dans des pays aurifères et inhospitaliers, conduisent à imaginer l'oiseau Roch qui garde l'or. Les coquilles fossiles trouvées à une grande hauteur font songer au déluge, etc.

Les idées scientifiques se rattachent immédiatement aux opinions populaires, dont elles ne se distinguent pas au début, et à partir desquelles elles se développent peu à peu. Pour des raisons physiologiques, le ciel nous apparaît comme une boule d'un rayon déterminé, qui n'est pas immense ; c'est là l'idée populaire, et c'est là la première idée scientifique. Le spectacle de la nuit nous conduit à attribuer à cette sphère une rotation et à penser que les étoiles y sont fixées. Les inégalités des mouvements, qu'une observation plus attentive nous fait voir pour les planètes, la lune et le soleil, nous

Digitized by Google

poussent à admettre l'existence de plusieurs sphères transparentes, emboîtées les unes dans les autres et animées de rotations différentes. Ainsi se développent peu à peu la théorie des épicycles, le système de Ptolémée et le système de Copernic.

En complétant *provisoirement* un fait, on peut étendre plus rapidement son *expérience*. Le marin, dont l'imagination est sollicitée par les objets jetés à la côte, part à la recherche du pays lointain qu'il imagine. Qu'il le trouve ou non, que la nature du pays réponde ou non à l'idée qu'il s'en faisait, qu'au lieu de tomber, comme il le pensait, sur les côtes de l'Inde ou de la Chine, il trouve une côte nouvelle, il a, dans tous les cas, élargi son expérience. Celui qui va derrière un miroir pour chercher l'image, sans la trouver, apprend à connaître un objet visible d'une nouvelle sorte, l'image virtuelle, à laquelle manque la matérialité, mais qui suppose l'existence d'autres objets matériels. Quand nous complètons un fait par la pensée, nous faisons une *expérience mentale* qui demande à être contrôlée par l'*expérience physique*.

Si nous examinons de plus près l'hypothèse scientifique, nous voyons d'abord que tout ce qui ne peut être immédiatement établi par l'observation peut être complété mentalement par une hypothèse. Nous pouvons admettre l'existence des parties d'un fait qui n'a pas été observé. Le géologue et le paléontologiste sont très souvent amenés à le faire. On peut faire des suppositions sur les conséquences d'un fait, qui n'interviennent pas

Digitized by Google

immédiatement, ou qu'on ne peut observer directement. La forme des lois, qui se rapportent à un fait, est souvent l'objet d'une hypothèse, puisque, seules, des observations infiniment nombreuses pourraient nous faire connaître la loi à l'abri de toute perturbation. Mais ces hypothèses se rapportent aux conditions d'un fait qu'elles rendent compréhensible : ce sont des hypothèses explicatives, et dorénavant nous n'allons examiner qu'elles.

L'hypothèse, dans son sens primitif, est l'ensemble des conditions dans lesquelles une proposition mathématique, la thèse, est applicable, et sans lesquelles on ne peut la démontrer. Ici, l'hypothèse est ce qui est donné, ce qui ne dépend que de conditions de possibilité mathématique et logique ; la thèse est ce qu'on en infère. Dans les sciences physiques et naturelles, nous devons inversement partir d'un fait donné pour arriver aux conditions par un raisonnement régressif, analytique, indéterminé. Nous pouvons dans ce cas concevoir des possibilités diverses d'autant plus nombreuses que l'expérience est encore plus incomplète. *Nous appelons hypothèse, une explication provisoire, qui a pour but de faire comprendre plus facilement les faits, mais qui échappe encore à la preuve par les faits.* Ce provisoire peut avoir une durée des plus variables. Il peut ne demeurer qu'un instant, comme pour l'image dans le miroir, et il peut durer des siècles, comme pour l'hypothèse de l'émission de la lumière et le système de Ptolémée. Le sens

Digitized by Google

psychologique et logique de l'hypothèse n'en est pas modifié.

Newton est conduit à supposer que les masses exercent les unes sur les autres des actions à distance, analogues à l'action de la terre sur les corps qui tombent à sa surface, et que cette action est inversement proportionnelle au carré de la distance. Il montre par l'analyse que ces suppositions permettent de représenter réellement tous les mouvements du système solaire et les mouvements terrestres, et alors sa supposition cessé, pour lui, d'être une hypothèse. Elle est un *résultat de l'analyse* des phénomènes. Pourrait-on ramener à quelque chose de plus simple l'action à distance elle-même? Cela seulement reste, pour Newton, objet de spéculation ou hypothèse. A le prendre sans restriction le mot « hypotheses non fingo » signifierait : « je ne me fais aucune idée de ce qui dépasse l'observation ». Et Newton se distingue précisément par la richesse de ses conjectures. Il sait aussi très rapidement éliminer par l'expérimentation celles qui sont inutilisables. Ce qu'il ne peut déduire des phénomènes est, dit-il, une hypothèse. Mais ce qui découle de l'étude des phénomènes n'est pas, à son sens, une hypothèse, c'est un résultat de l'étude analytique. Il emploie des images pour rendre ses pensées plus intuitives, mais il ne leur attribue aucune valeur particulière. Si on lui demandait ce qu'il tient pour essentiel dans sa représentation de la lumière polarisée, il dirait volontiers que ce sont les différents côtés des

Digitized by Google

rayons lumineux, car ils résultent de l'analyse, tandis que les particules douées de propriétés analogues aux aimants ne sont qu'une image intuitive quelconque, qu'on pourrait remplacer par une autre. On trouve partout chez Newton la séparation tranchée de la science définitivement établie et de ce qui est simple conjecture, représentation artificielle.

Différents auteurs se sont efforcés de préciser les conditions que devrait remplir une bonne hypothèse scientifique. Stuart Mill s'est longuement étendu là-dessus. Il demande que l'hypothèse attribue à ce qu'on veut expliquer une cause déjà connue, une vraie cause (*vera causa* de Newton). En fait, en commençant la recherche consciente d'après les principes de Mill, on ne pourrait faire aucune découverte essentiellement nouvelle, et il semble suffisant qu'une hypothèse soit en accord avec les faits.

Le rôle essentiel d'une hypothèse est de nous conduire à faire de nouvelles observations et de nouvelles recherches, qui puissent confirmer notre conjecture, la contredire ou la modifier, en un mot étendre notre expérience. Priestley, dans son histoire de l'optique, émet déjà sur ce point des idées très justes : « Les vues très imparfaites et les conclusions de ces savants nous offrent un spectacle amusant et instructif. Il montre qu'il n'est nullement nécessaire d'avoir *à priori* des vues exactes et une hypothèse vraie pour faire de réelles découvertes. Des théories, même très imparfaites, suffi-

Digitized by Google

sent à suggérer des expériences, qui viennent corriger leurs imperfections et donnent naissance à d'autres théories plus parfaites. Celles-ci conduisent à d'autres expériences, qui nous rapprochent encore de la vérité, et, dans cette méthode d'approximation, nous devons nous estimer heureux, si nous faisons peu à peu de réels progrès ».

Supposons que nous voulions résoudre une équation numérique :

$$x^4 + ax^3 + bx^2 + cx + d = o$$

et que nous attribuions à x une certaine valeur x_1, c'est-à-dire que nous fassions sur cette valeur une certaine hypothèse, le polynôme prend alors la valeur $+ m_1$ au lieu de o. Une autre substitution x_2 conduit à la valeur $- m_2$ du polynôme; alors nous pouvons chercher entre x_1 et x_2 une racine de l'équation. Si nous avons trouvé une racine x' qui donne au polynôme une petite valeur μ, nous pouvons admettre que la différence entre x' et la racine cherchée est proportionnelle à la valeur μ et nous connaîtrons par là la valeur de la racine avec l'approximation désirée.

Prenons maintenant, comme exemples, les hypothèses relatives à la chaleur. Nous avons d'abord une représentation intuitive, qui s'ajoute par association aux caractères calorifiques sensibles d'un corps. L'observation du feu, l'échauffement d'un corps par un corps plus chaud et aux dépens de ce dernier a fait songer d'une façon toute simple à une matière ou à un fluide. Cette représentation

Digitized by Google

rend intuitifs les faits qui lui ont donné naissance, et elle facilite la découverte de nouveaux faits : la règle des mélanges de Richmann, les chaleurs spécifiques, les chaleurs de vaporisation et de fusion.

De même, la représentation des fluides électriques, qui, mobiles dans les corps conducteurs, immobiles dans les non conducteurs, possèdent des forces d'attraction et de répulsion, nous fait voir d'une façon intuitive les faits connus, et nous conduit à en trouver d'autres : la distribution de la charge des conducteurs à leur surface et selon leur courbure, l'influence et les lois quantitatives de Coulomb. Même lorsqu'elles sont depuis longtemps dépassées, et lorsqu'on ne les prend plus au sérieux, ces représentations peuvent être utiles à titre de *description indirecte* : par exemple, aujourd'hui encore la production d'une quantité d'électricité déterminée doit, selon la loi électrolytique de Faraday, être considérée comme liée à une quantité proportionnelle de matière.

L'hypothèse de l'émission de la lumière, elle aussi, fait intervenir quelque chose de matériel. L'observation de rayons lumineux, de faisceaux convergents et divergents entraînant l'augmentation ou la diminution de l'intensité lumineuse, conduit tout naturellement à considérer le rayon comme formé de liquides ou de poussières. Grâce à sa grande facilité d'adaptation aux faits, l'hypothèse de la matérialité de la lumière, que nous considérons aujourd'hui comme si peu souple, n'a pas

Digitized by Google

empêché Malus de trouver sa loi du carré du cosinus. Fresnel a déduit cette loi de la conservation de la force vive de la lumière, et, très vraisemblablement, Malus l'a trouvée, en se laissant guider par cette idée que, si on partage le rayon lumineux en deux composantes, la quantité de matière lumineuse doit rester inaltérée, ce à quoi la loi du carré du cosinus mène de la façon la plus simple.

Nous tâchons d'adapter l'hypothèse à un fait dans les circonstances particulières, que l'observation nous a révélées, et, naturellement, sans savoir à l'avance si l'hypothèse s'accordera avec d'autres circonstances plus générales. Nous ne pouvons emprunter la matière et les éléments de ces représentations hypothétiques qu'à ce que nous connaissons déjà dans notre entourage sensible, en cherchant des cas, qui offrent avec le cas actuel une similitude ou une analogie. La similitude n'est qu'une identité partielle. De là vient qu'une hypothèse, faite dans ces conditions, peut intervenir dans certains cas pour augmenter notre expérience et ne pas convenir à d'autres. Par sa nature, l'hypothèse est destinée à être modifiée au cours du travail, à être adaptée aux nouvelles expériences et à être remplacée ou par une autre hypothèse ou par la connaissance des faits. Les savants qui ont à l'esprit ce que je viens de dire ne sont pas trop timorés, quand ils font une hypothèse. Il est très bon d'avoir un peu d'entrain : l'hypothèse des ondes de Huyghens n'était pas satisfaisante à tous les points de vue, elle laissait encore beaucoup à dési-

Digitized by Google

rer et beaucoup à faire à ses successeurs. Mais si Huyghens avait abandonné cette hypothèse à cause de ses difficultés, il n'aurait pas travaillé pour Young et pour Fresnel, et ces savants auraient probablement dû s'arrêter à leur premier élan.

L'hypothèse de l'émission s'était adaptée peu à peu aux nouvelles expériences. Une émission régulière ne suffisait plus à Grimaldi. Ses franges de diffraction le conduisirent à se représenter un flux ondulatoire du fluide lumineux. Pour Newton, il ne s'agit plus d'une simple émission, mais d'un grand nombre d'émissions qualitativement différentes et superposées, et Newton admet l'hypothèse de la périodicité de la lumière, quoique d'une façon insuffisante et sur des bases expérimentales en partie inexactes. Enfin l'hypothèse des ondes remplace la théorie de l'émission. Sous la forme que lui avait donnée Huyghens, elle ne tenait aucun compte de la périodicité et de la polarisation. Hooke introduit la périodicité. Young et Fresnel enfin réunissent dans leurs hypothèses les avantages des hypothèses de Huyghens et de Hooke; et Fresnel notamment réussit à expliquer de nouvelles propriétés en tenant compte de la polarisation. C'est ainsi que l'*expérience* travaille continuellement à transformer et à compléter nos *représentations*.

Mais inversement les représentations, que nous nous sommes formées, exercent leur influence sur la marche de l'expérience. Les franges de Grimaldi nous invitent à attribuer à un rayon lumineux

Digitized by Google

isolé une constitution périodique, quoique cette périodicité ne puisse être immédiatement perçue par nous, mais qu'elle se manifeste seulement par la combinaison de plusieurs rayons dans des circonstances particulièrement favorables. Cette notion de périodicité est rendue tout à fait intuitive par l'hypothèse des ondes et elle enrichit tout les faits de l'optique.

Dans chaque cas, nous pensons à des choses que nous ne voyons pas. Le physicien ainsi averti se comporte vis-à-vis de chaque cas particulier autrement qu'il ne l'aurait fait sans ces représentations accessoires ; il est comparable à l'homme qui a acquis dans la vie pratique une riche expérience. On comprend que Fresnel, qui a toujours à l'esprit l'expérience de Grimaldi, ait, sur la diffraction, les couleurs des lames minces, la réflexion et la polarisation, des idées différentes de celles de Newton, Huyghens et Malus, et fasse des expériences nouvelles.

En dehors des éléments qui sont indispensables à l'exposition des faits, dont une hypothèse est tirée, cette hypothèse en contient habituellement d'autres, qui *ne sont pas nécessaires* à cette exposition. Car l'hypothèse est formée d'après une analogie, dans laquelle les différences et les ressemblances sont incomplètement reconnues. La théorie de la lumière parle d'ondes alors que la périodicité est seule nécessaire pour comprendre les faits. Ce sont ces éléments accessoires qui sont modifiés par l'influence réciproque de la pensée et de l'expé-

Digitized by Google

rience. Ils sont peu à peu remplacés par des éléments nécessaires. Ainsi, de l'émission il ne reste rien que la grande vitesse de propagation d'un nombre considérable de lumières de *périodicités* différentes, se propageant suivant le même rayon. Cette représentation cadre dans ses points essentiels avec l'hypothèse des ondes, qui l'a remplacée, et qui a dû abandonner certains éléments accessoires, les oscillations *longitudinales*, auxquelles on avait pensé d'abord par analogie avec le son.

Les représentations, formées par nous à partir des observations, nous poussent activement à observer encore et à expérimenter. Alors, parmi les éléments de ces représentations, les uns sont confirmés, les autres sont rejetés ou modifiés, et parfois aussi remplacés par de nouveaux éléments. Certaines expériences ont une importance spéciale; ce sont celles qui nous permettent de décider entre deux représentations ou complexes de représentations des faits. La question de savoir si c'est la réfraction qui produit les couleurs, ou si les couleurs existent avant la réfraction et ne deviennent visibles que grâce à la différence des indices, a été tranchée par l'*experimentum crucis* de Newton. C'est là le mot introduit par Bacon et accepté par Newton pour les expériences qui permettent de décider entre deux façons de voir : citons comme exemple le procédé à l'aide duquel Foucault a montré que la vitesse de la lumière est plus petite dans l'eau que dans l'air, expérience à la suite de laquelle la théorie de l'émission devenait insoutenable. La dé-

Digitized by Google

couverte des phases de Vénus par Galilée fit accepter le système de Copernic, dont ce phénomène était une conséquence nécessaire.

Une hypothèse peut être problématique de façons très différentes et à des degrés très variés. Pour expliquer l'aspiration dans les pompes, on avait recours à l'horreur du vide. Si, en aucune circonstance et en aucun lieu du monde, nous ne rencontrions de vide, nous pourrions conserver cette façon de voir. Une autre hypothèse ramène ces phénomènes à la pression que l'air exerce par son poids. Au temps où on songea à cette explication, la pesanteur de l'air était déjà connue, mais cette explication demeura une hypothèse jusqu'aux recherches de Torricelli et de Pascal, notamment jusqu'à l'expérience du Puy de Dôme. L'une de ces explications est une invention arbitraire, l'autre ne fait intervenir que des éléments réels. Toutes deux avaient pourtant, à l'heure où on les a présentées, le caractère de l'hypothèse.

Un autre exemple est l'explication des mouvements des astres par la gravitation. L'accélération de la pesanteur est introduite en astronomie avec une modification qui la généralise. Dans la théorie de la gravitation, il ne s'agit que de décrire convenablement les phénomènes cosmiques au moyen d'accélérations. Si nous imaginons qu'un corps vienne à la surface de la terre, son accélération devient l'accélération de la pesanteur ; si la pesanteur à la surface de la terre est un cas particulier de la gravitation, toute

Digitized by Google

hypothèse devient superflue. On pourrait aussi penser logiquement que l'on analyse les mouvements de Kepler au point de vue purement cinématique, et que l'on trouve des accélérations dirigées vers le soleil et inversement proportionnelles au carré de sa distance. Mais, selon moi, ce processus est *psychologiquement* inadmissible. Comment, sans une représentation physique qui serve de guide, tombera-t-on précisément sur les accélérations, et pas sur les dérivées premières ou troisièmes? Comment, parmi les innombrables modes de décomposition du mouvement, choisira-t-on précisément celui qui conduit à un résultat si simple? Je considère déjà comme très difficile l'analyse du mouvement parabolique d'un projectile, si l'on n'est pas guidé par la notion de l'accélération de la pesanteur, qui ne pouvait être acquise que dans un cas beaucoup plus simple et qui trouve ici son application.

L'hypothèse conduit finalement à l'expression abstraite des faits. Rappelons-nous par quelle suite de suppositions et de corrections on est arrivé à la notion de vibrations lumineuses transversales, qui, au début, avait paru tout à fait hasardée. Et pourtant cette notion que les propriétés périodiques du rayon lumineux se comportent comme des segments géométriques dans un espace à deux dimensions, dans le plan perpendiculaire à la direction du rayon, est purement l'expression abstraite des faits. De même se sont peu à peu déterminées d'une façon abstraite les

Digitized by Google

propriétés de l'éther qui rappellent à la fois celles d'un fluide et celles d'un corps rigide. Les manières de voir, auxquelles nous parvenons ainsi, ne sont plus des hypothèses : elles nous sont nécessaires pour nous représenter les faits par la pensée, ce sont des résultats de l'étude analytique. Nous pouvons nous y tenir sûrement, même si nous ne connaissons pas d'analogies, même si nous ne rencontrons nulle part dans la nature de vibrations transversales, ni de liquides où ces vibrations pourraient se produire. Si Young et Fresnel avaient abandonné l'hypothèse des vibrations transversales à cause de ses difficultés, c'eût été pour la Science une perte aussi grande que si Newton avait abandonné la loi de la gravitation. Nous ne devons pas avoir peur des conceptions bizarres quand elles reposent sur des bases sûres. Il est toujours possible de trouver des faits nouveaux, et Mill, en restreignant l'hypothèse, exagère beaucoup la valeur de ce qui est déjà connu en regard de ce qui reste encore à trouver.

Si nous pensions d'une façon suffisamment abstraite, nous n'attribuerions à un fait que les caractères abstraits, qu'il comporte *nécessairement*. Une exposition purement abstraite peut trouver son application dans certaines parties de la Science où n'intervient pas l'hypothèse, qui n'est exigée que pour la science qui se fait. Mais l'emploi conscient des *images* est *très profitable*. Il y a des faits que nous percevons immédiatement par les sens ; il y en a d'autres, dont nous ne prenons con-

Digitized by Google

naissance que par une observation compliquée et à l'aide d'un système de réactions abstraites, par exemple la périodicité de la lumière et la polarisation. Nous sommes bien plus familiarisés avec des représentations sensibles intuitives qu'avec des concepts abstraits, qui pourtant ont toujours pour base des *représentations intuitives*. A l'aide de ces représentations, nous concevons les phénomènes lumineux plus rapidement et plus facilement que par des *concepts abstraits*. Ce sont, pour employer en la modifiant l'expression de Hertz, des images des faits dont les conséquences psychiques sont à leur tour des images de conséquences des faits. Dès que l'on a bien établi en quoi l'image s'accorde au point de vue abstrait avec le fait, cette image réunit l'avantage d'être intuitive et celui de garder la pureté du concept.

On croit souvent qu'en mathématiques l'hypothèse n'a aucun rôle, mais nous objecterons qu'elle y joue un rôle important dans la science qui se fait. Plus que toute autre science, les mathématiques rejettent les échafaudages qui ont servi à leur développement, et c'est ce qui a donné lieu à cette croyance. Mais la connaissance parfaitement claire des théorèmes mathématiques ne s'obtient pas en une fois, elle est amenée et préparée par des remarques fortuites, des conjectures, des expériences mentales et aussi par des expériences physiques sur des objets que l'on compte et sur des images géométriques.

Digitized by Google

CHAPITRE XV

Le Problème.

Il se peut que les résultats des diverses adaptations psychiques se trouvent en opposition, et que la gêne intellectuelle devienne assez grande pour que, à dessein et consciemment, nous cherchions un fil conducteur; alors se pose un *problème*.

Dans un cercle stable et familier d'expériences, auxquelles les pensées se sont bientôt adaptées d'une façon pratiquement suffisante, nous nous trouvons rarement en face de problèmes. Mais si, pour des raisons quelconques, le cercle d'expériences s'élargit, si nous sommes mis en contact avec des faits jusqu'alors inconnus, auxquels nos pensées ne sont pas suffisamment adaptées, si les résultats de la nouvelle adaptation ne s'accordent pas avec ceux des adaptations antérieures, de nouveaux problèmes surgissent, comme le montre l'histoire de la civilisation et de la science. Le désaccord entre les pensées et les faits, ou le désaccord des pensées

Digitized by Google

entre elles, voilà l'origine des problèmes. Nous ne pouvons pas faire entrer en ligne de compte des faits jusqu'ici ignorés. Ils interviennent, sans que nous les ayons prévus ou malgré nos prévisions, par *hasard*, ce qui ne veut pas dire sans règle, mais simplement, sans que nous en connaissions les conditions, et sans que nous puissions exercer d'influence sur eux. Le *hasard psychique* assemble des pensées, qui peut-être étaient depuis longtemps ensemble dans la tête d'un individu sans réagir l'une sur l'autre. Le hasard accuse ainsi dans la plupart des cas, les discordances qui existent entre les pensées et les faits, et, en les rendant *plus sensibles*, il pousse à une adaptation plus parfaite. Dans la génèse et la solution des problèmes, le hasard n'est pas un accessoire; il tient à la nature des choses.

Une fois que le désaccord est nettement reconnu, et le problème *posé*, il s'agit de le *résoudre*. L'homme, qui poursuit avec intérêt la solution d'une question peu connue, déploie une activité analogue à celle par laquelle on retrouve quelque chose d'oublié. Mais on a déjà su ce que l'on a oublié, et, dès que l'on s'en souvient, on reconnaît bien que c'est cela. Au contraire, la solution cherchée est nouvelle, et il est nécessaire de recourir à une preuve spéciale pour montrer qu'elle est bonne: voilà la différence entre les deux cas. Si nous avons oublié la solution d'un problème, et que nous cherchions à la retrouver, le second cas se ramène au premier, que nous examinerons d'abord. Je veux,

Digitized by Google

par exemple, retrouver une citation dont je ne me rappelle plus les termes exacts, ou dont la source m'échappe. Je pense au temps où j'ai lu ce passage, au sujet dont je m'occupais alors, aux ouvrages qui se rapportent à ce sujet et que j'ai pu lire, aux auteurs dont la façon de penser pourrait correspondre à cette citation, à l'endroit où je travaillais, aux ressources que m'offrait l'entourage, etc... Je fais de même quand je cherche un instrument égaré et que je n'ai pas employé depuis longtemps. Plus les associations, qui sont à ma disposition, seront nombreuses et fortes, mieux je réussirai à me rappeler ce que j'ai oublié.

Ces cas ne sont pas très différents de celui où l'on retrouve une invention dont on apprend l'existence; je vais l'expliquer par un exemple historique important. Galilée apprend à Venise qu'on avait trouvé en Hollande un instrument, qui faisait voir plus grands et plus distincts les objets éloignés. Dans la première nuit qui suit son retour à Padoue, il réussit à improviser la lunette avec un tuyau d'orgue et deux lentilles, et il en avise immédiatement ses amis de Venise. Six jours plus tard, il montrait à Venise un instrument beaucoup plus complet. Galilée reconnaît que, sans la nouvelle apportée de Hollande, il n'aurait peut-être jamais eu l'idée d'une telle construction. Mais il assure que le mérite de l'invention n'est pas aussi diminué par cette circonstance qu'un de ses adversaires le prétendait. Faisant appel à l'opinion publique, Galilée fait connaître la marche des idées qui l'ont

Digitized by Google

conduit à cette construction. L'instrument pouvait comporter un verre ou plusieurs verres. Un verre plan n'a pas d'action, un verre concave rapetisse, un verre convexe grandit, mais ne donne pas d'images nettes ; donc un verre tout seul ne suffit pas. En laissant de côté le verre plan, et en prenant deux verres, l'un convexe, l'autre concave, Galilée les associe et obtient un plein succès. Il semble avoir fait cette combinaison en tâtonnant : c'était alors très naturel. Képler avait déjà trouvé en 1604 la théorie exacte de l'œil, mais il ne publia qu'en 1611 sa dioptrique : c'était deux ans après l'invention de Galilée, et il avait été bien soutenu par elle. La découverte de Galilée aurait d'ailleurs pu être faite autrement et d'une façon plus générale. Les propriétés empiriques des lentilles convexes et concaves, qui étaient alors connues, suffisent pour raisonner comme suit : à lui seul, un verre convexe donne d'un objet éloigné une image réelle ; si on s'arrange de façon à voir cette image nettement sous un angle apparent plus grand que celui sous lequel on voit l'objet, ce qui est possible avec un verre de distance focale supérieure à la distance minima de la vision distincte, le dispositif ainsi réalisé forme déjà une lunette astronomique de Képler, dont l'oculaire est remplacé par l'œil. Si l'on se rapproche plus de l'image, et, si, pour conserver la netteté, on place une loupe devant l'œil, on a une vraie lunette astronomique. Si l'on se rapproche encore davantage, de façon à placer l'œil entre l'objectif et l'image, on peut

Digitized by Google

encore avoir une image nette en employant un verre concave placé devant l'œil : on a la lunette batave. Le but de la construction étant d'avoir une image grande et nette, on arrive ainsi à toutes les solutions du problème. Mais Galilée avait hâte de retrouver l'invention faite en Hollande, et la forme qu'il lui donna a pris une grande importance, grâce à son idée géniale de l'appliquer à l'observation des corps célestes.

Avant d'examiner la solution d'autres problèmes particuliers, étudions les méthodes de résolution en général. Ces méthodes, applicables dans toutes les branches de la science, ont été trouvées par les anciens philosophes grecs à l'occasion de la géométrie ; elles ont pris beaucoup de développement et forment une bonne part des méthodes scientifiques. Le grand mérite semble en revenir à Platon. On distingue la méthode *analytique* et la méthode *synthétique*. Comme le dit Euclide, un théorème est démontré analytiquement, quand on suppose le problème résolu et que, par les conséquences que l'on tire de cette supposition, on aboutit à des vérités démontrées. Au contraire, la démonstration est synthétique, si l'on part de vérités démontrées pour arriver à ce que l'on cherche. Ces méthodes sont ainsi progressives ou synthétiques, régressives ou analytiques. Il y a encore une troisième méthode, la méthode apodogique ou méthode indirecte ou méthode de réduction à l'absurde. Ces méthodes peuvent naturellement être appliquées

Digitized by Google

aussi bien à chercher du nouveau, qu'à démontrer ce qui est déjà trouvé. On remarque aussi que les méthodes analytique et synthétique s'excluent, et qu'au contraire, chacune de ces deux méthodes peut être appliquée directement ou indirectement.

On connaît assez leurs applications géométriques, pour qu'il n'y ait pas lieu d'insister ici.

C'est certainement un instinct génial, qui a conduit Platon à la découverte de la méthode analytique. On ne connaît que ce que l'on a déjà vécu une fois par les sens ou par la pensée. On ne peut résoudre aucun problème dans un domaine où l'on n'a pas d'expérience. Pour réduire au minimum ce qui est inconnu, il n'y a pas de meilleur moyen que de s'imaginer *réunis* en un cas déjà connu ce que l'on cherche et ce qui est donné, et de remonter, en sens inverse, le chemin que l'on peut alors reconnaître plus facilement. Ceci s'applique ailleurs qu'en géométrie.

Il en est de même pour un grand nombre d'inventions techniques. Fulton s'imagine un vaisseau rapide, pourvu de roues à rotation continue pour remplacer l'action rythmée des rameurs, et il l'actionne par une machine à vapeur, etc. On peut montrer aussi que les découvertes scientifiques les plus importantes doivent leur origine à la méthode analytique, ce qui, d'ailleurs, n'exclut pas complètement les procédés synthétiques ; cela prouve que l'activité intellectuelle du chercheur et de l'inventeur ne diffère pas essentiellement de celle du commun des hommes. Le savant érige en

Digitized by Google

méthode ce que les autres hommes font instinctivement.

Les premières connaissances géométriques, et les plus compliquées n'ont, certes, pas été acquises par voie déductive; cette voie appartient à une science plus avancée, qui suppose déjà un besoin de simplification, d'ordre et de systématisation. Mais plutôt on y fut conduit, comme pour les sciences physiques et naturelles, par le besoin pratique d'une observation précise, en mesurant, en comptant, en pesant; et ensuite seulement, on recourut à des déductions, à partir de ce qui était déjà connu, et à l'expérimentation mentale. A ce point de vue, la lecture des écrits d'Archimède est très instructive. Il nous apprend que des théorèmes lui étaient connus, à lui et à d'autres, avant qu'on en eût donné la forme précise et la démonstration. Par exemple, il obtient approximativement la quadrature de la parabole en couvrant la figure avec une feuille mince, qu'il découpe et qu'il pèse. Les résultats lui font alors deviner la loi, dont il réussit enfin à démontrer l'exactitude. Dans les temps modernes, certains problèmes ont encore été résolus d'une manière empirique et approchée, avant d'être traités exactement. Mersenne en a fait la remarque pour la roulette (cycloïde). Galilée avait reconnu par des pesées que son aire était environ le triple de celle du cercle générateur, comme Roberval réussit à le démontrer un peu plus tard.

On a souvent regretté, avec raison, que les

Digitized by Google

savants anciens nous aient laissé si peu de renseignements sur leurs méthodes d'invention et de recherche, complètement masquées dans l'exposition synthétique. Mais l'exposition synthétique a bien ses avantages pour la systématisation. Si, par exemple, on examine attentivement la démonstration qu'Euclide donne du théorème de Pythagore, on peut en tirer tous les théorèmes dans l'ordre où ils doivent précéder cette proposition, en formant le premier livre de la Géométrie.

On peut préparer la solution d'un problème scientifique en mettant de côté des préjugés, qui barrent le chemin ou qui égarent le chercheur dans une mauvaise voie. C'est le cas du vieux préjugé que les couleurs naissent du mélange de la lumière et de l'obscurité. Boyle, en combattant ce préjugé, a préparé les idées de Newton sur les couleurs. La solution exacte des problèmes de la thermodynamique devint possible, quand on eut écarté l'idée de la matérialité du calorique. La solution proposée par Hering pour les problèmes de la vision dans l'espace, suppose que l'on s'est affranchi de beaucoup de vieux préjugés. Il faut considérer l'espace physiologique comme différent de l'espace géométrique, laisser de côté la théorie des lignes de direction et reconnaître que les sensations sont différentes des autres formations psychiques. Ce travail préliminaire a été fait par Müller, Panum et Hering lui-même.

La solution des problèmes est grandement avancée par les *paradoxes* qui s'y rattachent et qui ne

Digitized by Google

nous laissent pas de repos, tant qu'ils ne sont pas expliqués. En recherchant comment un paradoxe a pu se constituer, en poursuivant suffisamment loin les conséquences des vues contradictoires, on arrive au point critique du paradoxe, et alors le problème est immédiatement résolu, ou tout au moins posé plus clairement. Ainsi, en étudiant, dans son origine historique, le paradoxe de Descartes et Leibniz, relatif à la mesure de la force par le produit mv ou mv^2, nous voyons qu'il y a ici une pure convention, car nous pouvons à volonté mesurer, d'après le temps ou d'après le chemin parcouru, la force d'un corps en mouvement et luttant contre une autre force. Examiné dans toutes ses conséquences, le paradoxe de W. Thomson et J. Thomson pour la congélation de l'eau a fait découvrir que la pression abaissait le point de fusion.

On ne résout pas tous les problèmes qui se présentent au cours du développement de la Science. Beaucoup sont, au contraire, laissés de côté, parce que l'on reconnaît qu'ils ne font pas question, et c'est un progrès essentiel que de supprimer les questions mal posées. C'est un progrès aussi que de prouver qu'elles n'ont pas de sens. La science, ainsi délivrée d'un fardeau inutile et nuisible, acquiert une profondeur et une netteté de vue, qu'elle applique alors à d'autres problèmes féconds. On ne peut faire passer un cercle par quatre points arbitraires, puisque trois de ces points suffisent à le déterminer. Chacun peut s'en

Digitized by Google

rendre compte facilement. Mais, en prouvant que la quadrature du cercle ne peut être obtenue que d'une façon approchée, ou que les équations du cinquième degré ne peuvent être résolues sous une forme algébrique finie, on montre que des problèmes, qui ont occupé sans succès de nombreuses générations, sont insolubles ou n'ont pas de sens, ce qui est d'une valeur inestimable. J'en donnerai comme exemple la preuve de l'impossibilité du mouvement perpétuel : la suppression de ce problème a eu pour conséquence la découverte du principe si fécond de la conservation de l'énergie.

Dans toutes les branches de la science, nous trouvons des problèmes abandonnés ou ayant subi, au cours du temps, des modifications si essentielles, qu'ils ne ressemblent plus guère aux problèmes primitifs. On ne s'occupe plus des cosmogonies, au sens ancien. Bientôt, personne ne pensera plus à réduire les phénomènes psychiques à des mouvements atomiques, ni à expliquer la conscience par une substance particulière.

Un théorème scientifique est, comme tous les théorèmes géométriques, de la forme « si M est, N est », M et N dépendant, d'une façon plus ou moins compliquée, de phénomènes dont l'un détermine l'autre. Le théorème peut être un résultat immédiat d'observation, ou peut être obtenu immédiatement par réflexion ou par comparaison d'observations déjà connues. Quand le théorème ne semble pas s'accorder avec d'autres observations ou avec des idées se rattachant à ces

Digitized by Google

observations, un problème se pose, et ce problème peut être résolu *de deux façons*. Ou bien le théorème « si M est, N est » peut être *déduit* ou *expliqué*, grâce à une série d'intermédiaires, par des propositions qui expriment des faits déjà connus. En ce cas, nos idées étaient *déjà mieux adaptées* aux faits et mieux adaptées entre elles que nous ne le supposions. Elles s'accordaient avec le nouveau théorème; seulement, cet accord n'était pas évident. Résoudre ainsi le problème, c'est déduire *synthétiquement* de propositions déjà connues une nouvelle proposition. Tous les problèmes faciles sont de cette sorte.

On cherchera toujours dans cette voie, et on tâchera d'y trouver fortune. Il dépend naturellement de la science déjà acquise que la solution s'obtienne ou non. Ainsi Galilée explique que les poussières lourdes flottent dans l'eau et dans l'air, parce qu'elles tombent très lentement à cause de leur état de division extrême. Huyghens déduit complètement le mouvement du pendule de la mécanique de Galilée. Segner, Euler, d'Alembert réussissent à expliquer mécaniquement les phénomènes curieux que présente la toupie. On conçoit que l'eau monte dans le bras le plus court du siphon, comme une chaîne sort toute seule d'un verre en en franchissant le bord, quand on en a laissé pendre au dehors une longueur suffisante; seulement les portions de la chaîne se suivent d'elles-mêmes tandis que l'eau est maintenue par l'horreur du vide ou la pression atmosphérique. Les phénomènes des

Digitized by Google

couleurs, que Brewster observe avec des lames d'égale épaisseur, s'expliquent par les lois déjà connues de l'optique, malgré la bizarrerie du phénomène. Une réflexion attentive montrera toujours que ces problèmes, ou des problèmes analogues, n'étaient pas solubles de cette façon à une époque antérieure de la science, et ceci nous conduit tout naturellement à examiner la *seconde* méthode.

Si nous ne trouvons pas de principes connus avec lesquels un fait observé ou un fait, qui est une conséquence rigoureuse des observations, puisse s'accorder, une nouvelle adaptation de nos pensées doit nous fournir de *nouvelles* propositions fondamentales. Il se peut que la nouvelle conception se rattache immédiatement au fait en question, ou que nous prenions les devants *analytiquement*. Nous cherchons la condition dont dépend directement le fait, puis la condition de cette condition, et ainsi de suite. En concevant d'une façon différente l'une ou l'autre de ces conditions, nous pourrons généralement comprendre le fait insolite, ou qui paraissait trop complexe.

Appliqué à la géométrie, qui est pourtant un champ bien connu et bien défriché, le procédé analytique conduit néanmoins encore à de nouvelles conceptions, telles que la notion des propriétés projectives, qui simplifie et facilite les démonstrations et la solution des problèmes. Les phénomènes naturels constituent sans comparaison un champ plus riche et plus large que celui de la géométrie; il est pour ainsi dire inépuisable,

Digitized by Google

et on l'a peu étudié jusqu'à présent. Nous sommes donc sûrs que le procédé analytique nous fera trouver encore de nouvelles propositions fondamentales. Le caractère essentiel de la nouvelle conception, à laquelle nous sommes conduits, est de tenir compte de circonstances auparavant négligées.

Éclaircissons cela par quelques exemples, et commençons par un des plus simples. Nous voyons les corps tomber de haut en bas suivant la verticale. Cette direction et ce sens de la chute sont, d'une façon immédiate, *physiologiquement* déterminés pour nous autres hommes, dont l'organisation est géotropique. Pour les hommes qui vivent au même endroit, cela devient une *orientation physique*, le ciel en haut, la terre en bas et nous croyons à une orientation absolue valable pour tout le monde. Quand l'astronomie et la géographie nous apprennent que la terre est une boule habitée de toutes parts, nous ne pouvons pas comprendre immédiatement comment les objets mobiles des antipodes ne tombent pas. Enfants, nous avons d'abord pris pour direction de la pesanteur celle qui est déterminée par notre ciel et notre sol, et, plus tard seulement, celle qui va au centre de la terre ; la plupart de nous, sous l'influence de l'enseignement scolaire, sont passés, comme dans un rêve, d'une conception à l'autre.

Le mouvement d'un corps lourd isolé nous est bientôt familier, mais, si nous voyons un corps lourd faire monter un corps léger à l'aide d'une poulie,

Digitized by Google

nous apprenons à tenir compte de la relation qui existe entre plusieurs corps solidarisés et leurs poids. Si l'on fait des expériences sur un levier à bras inégaux ou sur d'autres machines, les *déplacements simultanés* dans le sens de la pesanteur interviennent en même temps que les *poids*, et la grandeur importante est le produit des nombres qui les mesurent, c'est-à-dire le *travail*. Si nous voyons un corps plongé dans l'eau s'enfoncer, flotter dans ce milieu ou surnager, et si nous cherchons à avoir une connaissance plus complète de ces phénomènes, nous sommes amenés à tenir compte des poids de *volumes égaux*. L'ascension de l'eau dans les pompes malgré la pesanteur mena à l'idée géniale de l'*horreur du vide*. Avec cette conception tout était devenu immédiatement intelligible, en particulier cette surprenante suppression de la pesanteur, mais on a trouvé plus tard des faits où manquait l'horreur du vide. Torricelli mesura cette horreur du vide pour différents liquides et trouva qu'une pression déterminée d'un fluide suffit à expliquer tous les cas. Torricelli et Pascal emploient ainsi la méthode analytique en se reportant à une condition plus lointaine.

Les corps que l'on abandonne à eux-mêmes descendent dans certains cas, montent dans d'autres. La vieille physique d'Aristote considère ces cas comme différents. Galilée porte son attention sur l'*accélération* du mouvement, et alors tous ces cas rentrent les uns dans les autres et deviennent faciles à comprendre.

Digitized by Google

Le hasard offre souvent des adaptations insuffisantes qui dirigent l'attention sur de nouvelles circonstances et poussent à de nouvelles études analytiques, et à des adaptations s'étendant à des expériences plus variées. La nature nous offre, sans en donner la démonstration, des théorèmes analogues à ceux de la géométrie ou des problèmes résolus, sans donner leur solution, et nous laisse chercher les principes de la démonstration et de la solution. La nature étant infiniment plus compliquée que l'espace seul, la tâche de la physique est beaucoup plus ardue que celle de la géométrie.

Ces quelques exemples montrent déjà que c'est par voie *analytique* qu'ont été faites les plus grandes découvertes. Les principes de la mécanique générale et l'optique de Newton nous en offrent d'autres preuves. La recherche analytique des conditions, que suppose un fait donné, est un problème beaucoup moins déterminé que la recherche des conséquences de conditions fixées, aussi ce travail ne se fait-il que pas à pas et par tâtonnements, à l'aide d'hypothèses, dans lesquelles ce que l'on a deviné exactement se trouve au milieu de choses fausses et inutiles, et la suite des pensées du savant est fortement influencée par des contingences. La ressemblance de la lumière et des ondes liquides ou sonores conduit Huyghens à sa théorie ondulatoire ; celle de la lumière et des projectiles, et l'observation qui faisait croire à tort que la lumière ne présentait pas le phénomène de la diffraction, conduisent Newton à sa théorie de l'émission ;

Digitized by Google

Hooke porte son attention précisément sur la périodicité que Huyghens ignore complètement et que Newton interprète d'une autre façon. Chacun de ces savants s'est acquis dans cette question de grands mérites. Chacun d'eux était guidé dans son analyse par des contingences différentes de la pensée, et leurs trois analyses se réunissent aujourd'hui en une analyse *plus complète*.

Le rôle de l'hypothèse s'explique à la lumière des idées de Platon et de Newton sur la méthode analytique. Nous ne pouvons pas avoir de clarté suffisante sur ce que nous ne connaissons pas, nous imaginons provisoirement des conditions intuitives d'espèce connue, et nous considérons comme résolu le problème que nous avons à résoudre. Le chemin, qui va des conditions supposées au fait, est alors relativement facile à entrevoir; on modifie les hypothèses jusqu'à ce que ce chemin conduise d'une façon suffisamment exacte au fait donné. En renversant la marche des idées, on suit le chemin qui va du fait à ses conditions. Quand on a écarté des hypothèses tout ce qui est superflu, on a fini l'analyse. En géométrie, comme dans les sciences physiques et naturelles, la méthode analytique est la même: elle comporte comme moyen l'hypothèse. Seulement le domaine des sciences autres que la géométrie est plus vaste, moins fouillé, moins complètement connu; le choix des hypothèses est *moins méthodiquement limité;* l'arbitraire, le hasard, la chance interviennent davantage, et le danger de l'erreur est plus grand.

Digitized by Google

Newton a présenté sa théorie de la lumière parce qu'il ne trouvait pas suffisant, au point de vue quantitatif, l'accord entre les phénomènes du prisme et la loi de la réfraction acceptée à son époque.

Essayons encore de reconstruire la marche des idées qui mènent au principe de *l'impossibilité du mouvement perpétuel*. Nous trouvons déjà Stévin en possession du principe : il en déduit très habilement, pour la statique des solides et des liquides, un grand nombre de théorèmes difficiles. Stévin avait sûrement appris de ses devanciers beaucoup de cas particuliers de la statique, et il s'est efforcé de réunir dans une formule ce qu'il y avait de commun à tous ces cas. On en trouve la preuve dans ce qu'il dit des systèmes de poulies, à propos desquels il énonce le principe des déplacements virtuels. Supposons qu'il se soit posé la question : Qu'est-ce qu'il y a de commun à *tous* les cas de la statique, et quels principes faut-il employer pour réunir les cas les plus différents ? Il aura bientôt reconnu par la mesure des forces à l'aide de poids, qu'une rupture d'équilibre, un commencement de mouvement, ne se produit que quand un excédent de poids peut tomber. Il ne peut se produire de mouvement dans lequel la distribution des masses resterait la même, car, si ce mouvement commençait, il devrait continuer indéfiniment. Stévin établit certaines lois d'équilibre, en montrant que, si elles n'existaient pas, on serait conduit à l'absurdité d'un mouvement sans fin, sans que la distribution des poids varie. Des

Digitized by Google

considérations particulières nous conduisent ainsi à la condition générale de l'équilibre. Stévin nous offre ici l'image de tous les grands savants. Pour confirmer l'exactitude de notre hypothèse sur la marche des idées de Stévin, remarquons que, quand Galilée s'occupe du plan incliné, il raisonne de même. Un principe général comme celui de Stévin a sur les principes de détail, qu'on en peut déduire, cette supériorité que *son contraire contraste très fortement avec l'ensemble de nos expériences instinctives*.

En considérant des cas particuliers de mouvement des corps solides, Galilée trouva que la vitesse dépendait de la hauteur de chute. Une expérience remarquable sur le pendule l'amena à examiner la condition générale de tous ces cas particuliers : quelle que soit la trajectoire sur laquelle un corps pesant puisse se mouvoir, la vitesse qu'il a atteinte ne peut le faire remonter plus haut que le niveau auquel il est passé avec la vitesse nulle. D'après la remarque expresse de Huyghens, les corps pesants *ne remontent pas d'eux-mêmes*. Dans ces idées, Huyghens résout aussi le difficile problème du centre d'oscillation, comme Galilée avait résolu, à l'aide de sa conception générale, des problèmes particuliers. A la lumière plus vive, apportée par Huyghens, le principe de Stévin prend le sens suivant : c'est seulement par l'abaissement du centre de gravité des masses pesantes que peut être accéléré le mouvement de ces masses.

Digitized by Google

Le premier, Sadi-Carnot a expressément supposé que le principe *mécanique* de la conservation de la force vive *reste applicable en dehors des phénomènes mécaniques*, et il a frayé le chemin à ce que l'on appelle le principe de la conservation de l'énergie. Cette conception générale, qui se rapproche beaucoup aussi de nos idées instinctives, s'est montrée extrêmement avantageuse pour la solution de problèmes spéciaux. Tandis que la recherche éclaircit, pour la pensée abstraite consciente, un nombre toujours croissant de détails de l'expérience, les principes les plus généraux en rendent toujours plus étroit et plus solide le lien avec les bases *instinctives* de notre vie psychique.

Digitized by Google

CHAPITRE XVI

La relation de cause à effet et la notion de fonction.

L'homme, vivant constamment dans le même cercle, a souvent rencontré des corps qui lui procuraient certaines sensations, toujours les mêmes, associées entre elles. Par une habitude instinctive, *il admet la constance de ces relations*, et cela devient un facteur important de son développement biologique. La fixité des éléments, rassemblés en un même point de l'espace et du temps, a contribué à former la notion de substance. Il y a encore d'autres relations constantes, qui laissent plus de jeu aux variations de l'espace et du temps. En voici des exemples : un corps met en mouvement un autre corps qu'il choque, la pierre tombe si on l'abandonne à elle-même, le sel fond dans l'eau, etc.

Nous avons vu que nos impressions physiques et psychiques se composaient d'éléments communs,

Digitized by Google

ayant un caractère provisoire. L'observation attentive nous apprend qu'il n'y a pas d'éléments isolés constants. Si certains éléments paraissent être constants, comme la couleur pour un éclairage toujours le même, cela tient seulement à la constance fortuite d'autres éléments qui leur sont liés. Les relations, non plus, n'ont pas une constance absolue : la physique, la chimie et la physiologie des sens nous l'apprennent chaque jour. Il ne nous reste donc qu'une constance générale des relations. Si nous comptons avec les éléments les sensations d'espace et de temps, toutes les permanences de relations reviennent à des dépendances mutuelles des éléments entre eux. Les besoins biologiques nous ont naturellement fait remarquer d'abord les relations les plus simples, qui sont immédiatement accessibles aux sens. Plus tard seulement, nous réussissons à atteindre à dessein des relations plus compliquées et plus générales, que nous ne pouvons saisir que par abstraction.

Nous avons appris, instinctivement et par réflexe, cette routine, et nous nous en servons consciemment ; il en est de même pour certaines notions qui, nées instinctivement de notre organisation psychique sous l'influence du milieu, se sont montrées biologiquement importantes et se sont fixées dans la conscience.

Il n'est nul besoin d'admettre que la notion de la dépendance des éléments entre eux soit innée ; nous pouvons, au contraire, observer son développement progressif. Pendant longtemps les pour-

Digitized by Google

quoi et les par conséquent n'ont eu que le sens de coïncidence temporelle et spatiale, avant d'avoir celui de causalité, et c'est bien compréhensible. Si tout arrivait avec une régularité parfaite, sans la moindre perturbation, comme la nuit succède au jour, notre adaptation serait inconsciente. Il faut une alternative de régularité et d'irrégularité pour que les intérêts biologiques nous obligent à nous poser les questions : Pourquoi les événements sont-ils tantôt semblables, tantôt différents ? Quelles sont les choses invariablement liées entre elles ? Quelles sont celles qui s'accompagnent fortuitement ? Cette distinction nous conduit aux concepts de cause et d'effet. Nous nommons *cause* un événement auquel est lié un autre événement : l'*effet*.

Ce rapport n'est, la plupart du temps, entrevu que d'une façon très superficielle et incomplète. En général, on ne prend comme cause et effet que deux parties plus frappantes d'un phénomène, et l'analyse plus exacte montre presque toujours que la prétendue cause n'est que le *complément* de tout un complexe de circonstances, qui déterminent l'effet. Aussi ce complément est-il très différent, suivant que l'on tient compte de telle ou telle partie du complexe ou qu'on la néglige.

Soit par une habitude instinctive, soit consciemment et méthodiquement, nous supposons que les relations des éléments sont constantes, et tout *changement inattendu* nous fait chercher une cause. Tout changement apparaît comme une perturba-

Digitized by Google

tion ; il brise le lien habituel, nous inquiète et pose un problème.

Quand les sciences sont très développées, elles emploient de plus en plus rarement les concepts de cause et d'effet. La raison en est que ces concepts sont provisoires, incomplets et imprécis. Dès qu'on arrive à caractériser les faits par des grandeurs mesurables, ce qui se fait immédiatement pour l'espace et le temps, ce qui se réalise par des détours pour les autres éléments sensibles, *la notion de fonction* permet de représenter beaucoup mieux les relations des éléments entre eux. Et ceci n'est pas seulement vrai quand des éléments, en nombre supérieur à deux, dépendent immédiatement les uns des autres, par exemple dans la formule $pv/T = C^{te}$, mais encore quand les éléments considérés se trouvent dépendre les uns des autres d'une façon médiate, par des chaînes multiples d'éléments intermédiaires. Les équations de la physique le font bien comprendre.

Si plusieurs éléments sont liés par une seule équation, chacun d'eux est une fonction des autres ; les concepts de cause et d'effet sont alors interchangeables. Supposons deux corps conducteurs de la chaleur se touchant et isolés de tous les autres, la variation de température de l'un est la cause de la variation de température de l'autre, et inversement. Mais s'il existe entre un corps chaud et un corps froid d'autres corps intermédiaires, la variation de température de l'un ne suffit plus pour faire connaître la variation de température de

Digitized by Google

l'autre, et tous les corps intermédiaires interviennent. Même dans le cas simple où tous ces corps peuvent être considérés comme des points, il faut écrire autant d'équations différentielles qu'il y a de corps, et chaque équation contient, en général, des variables qui se rapportent à tous les corps. Si on réussit à obtenir une équation qui ne contienne qu'une seule variable, on peut l'intégrer, et on est conduit ainsi aux autres intégrales, où les constantes sont déterminées par les conditions initiales. Cet exemple, extrêmement simple, suffit pour faire sentir que les notions vulgaires de cause et d'effet sont *insuffisantes*, et que, quand on introduit la notion de fonction, elles deviennent *superflues*.

Si on considère les phénomènes physiques en détail et avec soin, il semble que l'on puisse considérer toutes les dépendances immédiates comme réciproques et simultanées. Pour les notions vulgaires de cause et d'effet, le contraire a lieu : l'effet suit la cause, et leur relation n'est pas réversible. Citons comme exemple, l'explosion de la poudre dans un fusil, et le mouvement du projectile : il y a là des intermédiaires qui mettent en jeu un nombre infini de termes, et le corps frappé ne restitue pas le travail de la poudre.

La façon de comprendre la causalité a varié dans le cours du temps et peut encore se modifier ; il n'y a pas lieu de croire qu'il s'agisse d'une notion innée. L'individualité psychique se développe au contact du milieu : assurément, l'organisme

Digitized by Google

apporte déjà quelque chose d'inné et, avant tout, il apporte l'excitabilité réflexe. Non seulement le système des sensations d'espace et de temps est inné, mais aussi les énergies spécifiques de tous les sens avec les systèmes des sensations possibles. Seules des recherches positives de psychophysiologie et non des décrets philosophiques peuvent nous fixer sur ce qui est inné. En ce qui concerne la causalité, les liaisons organiques, bases des associations possibles, peuvent seules être innées, car on a vu que les associations elles-mêmes sont acquises par l'individu.

L'attente instinctive de certaines permanences, qui résulte du contact avec le milieu, se transforme par une évolution naturelle en une supposition méthodique et consciente; elle devient un postulat nécessaire de la recherche scientifique. Ces permanences sont des relations ou équations fonctionnelles entre les éléments de ce qui nous est donné. Il importe peu, en général, que nous voyions dans les équations de la physique l'expression de substances, de lois ou de forces : elles expriment toujours des dépendances fonctionnelles. Par exemple, la loi de l'énergie cadre très bien avec diverses conceptions, que, pour cela même, nous ne pouvons pas considérer comme si essentiellement différentes qu'elles le paraissent.

Il est impossible de prouver la justesse de la thèse *déterministe* ou *indéterministe*. Il faudrait que la Science fût complète ou impossible pour que la question fût tranchée. Mais, pendant qu'ils

Digitized by Google

font des recherches, tous les savants sont forcément déterministes en théorie. C'est le cas même quand il ne s'agit que de probabilités. La loi des grands nombres de J. Bernoulli ne peut se déduire que d'hypothèses déterministes, et les propositions du calcul des probabilités n'ont de valeur que si les hasards sont des *régularités masquées* par des complications. Nous supposons qu'il existe certaines permanences, mais cela n'implique pas que cette supposition soit *infaillible*. Au contraire, le savant doit toujours s'attendre à une déception possible. Il ne sait jamais s'il a déjà tenu compte de toutes les relations qui interviennent dans un cas donné. Son expérience, limitée dans l'espace et le temps, ne lui offre qu'une mince tranche de l'histoire du monde. Un fait d'expérience ne se répète jamais deux fois exactement dans les mêmes conditions. Chaque découverte nouvelle révèle des lacunes dans nos connaissances, et nous montre qu'il existe d'autres relations négligées jusqu'ici. Il faut donc que celui qui professe en théorie un déterminisme extrême, reste pratiquement indéterministe, notamment s'il ne veut renoncer aux découvertes les plus importantes.

La Science se constitue par les faits ; elle n'est pas possible sans une certaine stabilité des faits, et une stabilité des idées correspondant à la stabilité des faits et s'y adaptant. Peut-être n'y a-t-il pas de stabilité *parfaite*. En tout cas, la stabilité est suffisante pour que nous puissions fonder une science utile.

Digitized by Google

Quand on en est arrivé à faire attention aux relations mutuelles des éléments, et à les chercher à dessein, on est tout naturellement en possession de la méthode qui y conduit. Les choses qui dépendent l'une de l'autre changent généralement ensemble : la méthode des variations concomitantes sert toujours. Elle est à la base des indications d'Aristote et des explications détaillées de Bacon. Quand Herschell parle du lien indissoluble qui rattache l'effet à sa cause, et qu'il remarque que l'augmentation, la diminution ou le renversement de la cause déterminent les variations de l'effet, il pose les règles directrices de la recherche. Les restrictions qu'il est forcé de faire montrent clairement que, savant expérimenté, il sent bien l'insuffisance de ces deux concepts, cause et effet. Comment un expérimentateur qui, dans des cas simples, rencontre souvent le parallélisme des variations, pourrait-il ignorer qu'il ne doit pas, sans plus, supposer son existence dans des cas compliqués ?

Pour accomplir sa tâche, le savant a la notion de fonction et la méthode des variations. Ce qu'il lui faut encore, la connaissance spéciale de son sujet le lui montrera, et on ne peut donner pour cela de règles générales. La méthode des variations est à la base de la recherche qualitative et de la recherche quantitative ; elle recourt à l'observation comme à l'expérimentation, et elle guide l'expérimentation mentale, qui mène à la théorie.

Digitized by Google

CHAPITRE XVII

Exemples de recherches dans les sciences.

Pour communiquer aux autres hommes l'adaptation des pensées aux faits, nous faisons une *description* aussi *simple* que possible, un exposé *économique* des faits. Il faut que cette description soit cohérente, complète, sans surabondance. Si générales et vagues que puissent paraître ces caractéristiques de la recherche scientifique, elles font mieux comprendre l'activité du savant que des descriptions plus spéciales, n'insistant que sur un côté de cette activité.

Les représentations astronomiques scientifiques se sont développées à partir des idées naïves du vulgaire. La rotation de la *voûte céleste* et de la sphère des étoiles fixes *autour de la terre* est l'expression immédiate de l'observation. Les mouvements du soleil et de la lune, comme ceux des planètes, diffèrent de ceux des étoiles fixes. A l'aide des *épicycles*, Hipparque réussit à déduire d'une

Digitized by Google

représentation géométrique assez simple les inégalités du mouvement du soleil et de la lune, et cette méthode est étendue par Ptolémée aux mouvements des planètes. Philolaüs, Archytas, Aristarque et enfin Copernic développent la *théorie héliocentrique*, qui, comme l'a montré Képler, rend superflus onze mouvements du système géocentrique. En supposant le système planétaire régi par des rapports mystiques de nombres et de distances, Képler s'efforce de trouver ces rapports par des constructions de haute fantaisie, et il est conduit par ces spéculations à découvrir sa troisième loi : les carrés des temps des révolutions sont pour toutes les planètes proportionnels aux cubes des distances au soleil. Il donne l'exemple de la terre et de Saturne. L'étude du mouvement de Mars, d'après les observations de Tycho, le mène à la loi des aires comme à une hypothèse physique, qui se confirme par la suite. Il imagine alors que les « animae motrices » qui entraînent les corps célestes autour du soleil diminuent, quand augmente la distance du soleil: Cela lui explique bien la troisième et la deuxième loi. Après un grand nombre d'essais infructeux, il tombe sur le mouvement elliptique des planètes avec le soleil comme foyer, et il étend ces trois lois à toutes les planètes.

La tâche de Newton se réduit alors à déduire ces nombreuses descriptions de détail de l'hypothèse d'une *accélération inversement proportionnelle au carré de la distance au soleil*. Il considère ces accélérations des planètes comme des cas particuliers

Digitized by Google

d'une accélération générale et réciproque des masses, dont la chute des corps pesants à la surface de la terre représente le cas le plus connu. Newton ramène ainsi les mouvements astronomiques à un problème plus général de mécanique physique. D'ailleurs, ce pas était déjà préparé par les idées de Copernic et surtout de Képler sur la pesanteur considérée comme une attraction générale et réciproque des masses. Képler ne dit pas seulement que les « animae motrices » font tourner les planètes en rond, mais, que la lune tomberait sur la terre, « *si luna et terra non retinerentur vi animali, aut alia aliqua æquipollenti, quælibet in suo circuitu.* » A tous deux manquaient encore les vues générales que Galilée et Huyghens développèrent sur les phénomènes dynamiques. C'est ce qui les empêcha d'aller plus loin.

Si on considère ce développement historique, on ne peut y méconnaître une imitation de plus en plus exacte des faits astronomiques. Ce sont d'abord les mouvements apparents des corps célestes sur la sphère des étoiles fixes, puis leurs inégalités et enfin les distances à la terre et leurs changements qui attirent l'attention. Aujourd'hui on ne peut plus regarder le système des étoiles fixes comme une sphère, ni même comme un ensemble invariable. Le processus n'est pas clos, et ne peut pas l'être. Nous voyons que la description se simplifie avec le temps et devient *plus économique*, de sorte qu'aujourd'hui elle n'est plus limitée aux faits pour lesquels elle a été construite,

Digitized by Google

mais elle est valable dans de bien plus larges limites. Ces simplifications ne se font pas vite ; elles demandent beaucoup de temps. L' « Astronomia nova » de Képler est particulièrement instructive par ses propres aveux et par l'exposé de ses erreurs. Il lui fallut vingt-deux ans de travail pour atteindre le résultat cherché. Nous savons que Newton mit des années pour amener son système à maturité. Une imagination puissante et active met au jour d'innombrables constructions mort-nées, avant que l'une ou l'autre de ces productions soit reconnue comme le vrai moyen de simplification.

La recherche méthodique ne peut guère être utile tant qu'on ne connaît pas encore la solution, qui se manifeste comme telle au chercheur surpris après qu'il l'a devinée. L'astronomie, dont le développement s'est poursuivi des siècles durant dans les têtes les plus diverses, montre bien que la Science n'est pas une affaire *personnelle :* c'est une affaire *sociale.*

Les idées simplificatrices peuvent venir aussi d'une autre branche de la Science. Le géomètre et le mécanicien[1] emploient couramment les épicycles.

Des expériences journalières, faites sur des mouvements apparents et des déplacements perspectifs,

1. Les mathématiciens reconnaîtront que la représentation d'un mouvement périodique quelconque par des épicycles découle du même principe que l'emploi des séries de Fourier, et que notre physique mathématique côtoie ainsi l'astronomie des anciens.

Digitized by Google

ont certainement aidé Copernic; à tout cela se joignent, chez Képler, des idées mystiques et animistes; enfin paraît Newton, le physicien et le géomètre étonnant, qui écarte ce qui est superflu. Pour la solution de ces questions, l'*acuité* du jugement critique, que l'on porte sur la *valeur économique* des idées, qu'on a choisies au hasard et qu'on cherche à prouver, a son importance, mais la *largeur* du cercle des représentations en peut avoir tout autant. Il faut naturellement que le chemin frayé par le plus grand génie soit praticable pour tous les hommes. Il faut que la dynamique, préparée à l'avance, soit là pour trouver son application dans l'astronomie. Un examen attentif montre toute l'importance du développement psychique individuel. Huyghens, astronome et physicien, a développé lui-même tous les moyens qui permettent d'expliquer le système planétaire, et il ne résout pas la question, et il n'a pas la claire intelligence du problème qui se pose. Mais en songeant à rattacher à la pesanteur les mouvements astronomiques, on devait bientôt trouver le nœud de la question. On devait chercher une relation entre l'accélération et l'éloignement, et la troisième loi de Képler indique nettement qu'elle est en raison inverse du carré de la distance.

En fait, Hooke, qui n'est pas comparable à Huyghens comme mathématicien, était soutenu par ses idées sur le *rayonnement* de la pesanteur; il avait saisi ce point et précédé Newton, mais seul Newton a pu traiter toute la question mathématique.

Digitized by Google

Considérons un autre exemple : on avait très superficiellement observé les phénomènes électriques et magnétiques depuis l'antiquité, et on les avait généralement confondus jusqu'à ce que Gilbert fit ressortir nettement la différence qui les sépare, et que Guericke commençât une étude plus exacte de l'électricité. La découverte de deux états électriques différents par Dufay, la connaissance de la différence entre les conducteurs et les non conducteurs, et la richesse des phénomènes, qu'on découvrait peu à peu, permirent à Coulomb de créer, en face de la vieille théorie unitaire d'Œpinus, une théorie mathématique dualistique plus complète. Coulomb traita de même les phénomènes magnétiques. Poisson développa davantage les deux théories, et l'analogie entre le magnétisme et l'électricité reparut de nouveau. Cette pure analogie laissait déjà deviner une relation entre ces deux branches de la Science, et ce pressentiment fut encore confirmé par des observations fortuites, telles que l'aimantation d'aiguilles d'acier par des décharges électriques. Il n'avait pourtant conduit à aucun résultat important, quand Volta, en construisant sa pile, donna un nouvel essor à l'étude de l'électricité : on tenta à nouveau, mais en vain, de saisir cette relation. Œrstedt réussit enfin à la trouver. Il remarqua par hasard, au cours d'une leçon, que l'aiguille magnétique se déplaçait quand on fermait une pile de Volta. Il avait alors en main le fil directeur si longtemps cherché par lui et par d'autres, et il ne s'agissait que de ne plus le perdre. En

Digitized by Google

plaçant l'aiguille dans toutes les positions par rapport au circuit électrique, Œrstedt put donner une description de tous les phénomènes observés. Cette description, d'ailleurs tout à fait correcte, n'est pas très commode à suivre, et les expressions qu'elle contient ne sont plus familières aux lecteurs d'aujourd'hui. Ampère rassembla les faits dans la règle suivante : Le pôle nord se place à la gauche d'un observateur dirigé suivant le courant positif et regardant le pôle. Ampère emploie le premier le mot « courant » à la place de l'expression d'Œrstedt « conflit électrique ». Œrstedt reconnaît que le « conflit électrique » n'exerce *aucune attraction* et que malgré l'interposition de verre, de bois, de métaux, d'eau, etc., il continue à produire les mêmes mouvements de l'aiguille, que, dès lors, il n'exerce pas de force électrostatique attractive ou répulsive, qu'il n'est pas limité au fil conducteur, mais qu'il s'étend dans l'espace environnant. Il se représente qu'une matière électrique tourne autour du fil dans un sens déterminé, en entraînant le pôle nord, tandis que l'autre matière électrique, tournant en sens contraire, entraîne le pôle sud. En fait, nous savons que, avec un dispositif convenable, on peut faire tourner un pôle autour du conducteur. Ces représentations naïves, qui sont plus voisines de celles que nous avons aujourd'hui que des idées classiques, qui avaient cours vers le milieu du XIXe siècle, furent développées et éclaircies par Seebeck et Faraday. Seebeck parle déjà des lignes de force magnétique circulaires.

Digitized by Google

Examinons le cas avec attention et nous reconnaîtrons qu'ici ce qu'on *cherchait* fut trouvé par un heureux hasard. D'ailleurs ce hasard aurait pu se rencontrer aussi bien sans qu'on le cherchât, comme il est arrivé pour les rayons de Rœntgen et pour bien d'autres découvertes. Mais deux circonstances que personne ne pouvait prévoir montrent bien que la découverte n'a pu être faite suivant un *plan*. D'abord personne ne pouvait prévoir que seul un état électrique *dynamique* créerait un état *magnétique statique*. C'est pour cela qu'Œrstedt essaya en vain certaines expériences pour trouver l'action de la chaîne ouverte sur l'aimant. Comment des gens qui ne connaissaient que des phénomènes statiques auraient-ils pu faire des expériences sur des états dynamiques? En second lieu, en électrostatique, presque tout[1] est symétrique au point de vue positif et négatif, comme dans le magnétisme statique; qui donc aurait pu s'attendre à ce que le pôle nord fût dévié d'une façon asymétrique en dehors du plan déterminé par l'aiguille et par un conducteur parallèle à cette aiguille?

Tous ceux qui ont revécu par la pensée l'expérimentation d'Œrstedt ont dû éprouver une grande émotion, car ils ont eu soudain connaissance d'un monde jusqu'alors insoupçonné. Qu'était donc cet être physique merveilleux qui troublait là une symétrie en apparence complète?

1. Si on fait abstraction des phénomènes de décharges unipolaires, des figures de Lichtenberg, etc.

Digitized by Google

La découverte d'Œrstedt stimula puissamment l'imagination et le zèle des chercheurs lassés par l'insuccès, et bientôt on découvrit des relations importantes entre l'électricité et le magnétisme. On pouvait attendre, comme réaction mécanique, qu'un courant mobile fût mis en mouvement par l'aimant et Œrstedt le montra; Ampère devina l'action réciproque des courants entre eux, en s'appuyant sur leurs actions magnétiques. Sa conjecture lui paraissait à lui-même hasardée, puisque un morceau de fer doux se comporte vis-à-vis des aimants comme un aimant, et reste inerte en présence d'un autre morceau de fer doux. L'expérience lui donna raison. Aujourd'hui sa théorie mathématique, influencée par les idées newtoniennes des forces à distance, ne soutient plus la critique; elle a fait voir pourtant comment on peut songer à remplacer dans leurs actions tous les courants par des aimants et tous les aimants par des courants. Rapidement et d'une façon brillante, il donna à la physique de son temps un remarquable moyen de recherches.

Si des courants se comportent comme des aimants vis-à-vis des aimants, on doit s'attendre à ce qu'ils se comportent de même vis-à-vis du fer et de l'acier. Il semble pourtant qu'Arago n'ait pas été amené à la découverte de l'électromagnétisme par cette seule réflexion, et qu'une observation fortuite y soit pour quelque chose : un fil, traversé par un courant plongé dans de la limaille de fer, se recouvre de limaille jusqu'à prendre l'épaisseur

Digitized by Google

d'un tuyau de plume, et, à l'interruption du courant, laisse retomber la limaille. Il fut conduit par là à aimanter de petites tiges de fer et des aiguilles d'acier, à l'aide d'un conducteur parcouru par un courant, et qu'il tenait perpendiculairement à leur direction. A l'instigation d'Ampère, Arago plaça ces petits corps dans des bobines. Je citerai encore une autre découverte d'Arago, due à l'amortissement des oscillations d'une aiguille magnétique placée au-dessus d'un disque de cuivre. En admettant l'égalité de l'action et de la réaction, il fut amené à faire tourner le disque rapidement, l'aiguille tourna aussi et le cuivre montra un « magnétisme de rotation apparent ».

On savait aimanter par un courant un morceau de fer doux. Faraday chercha longtemps en vain à produire des courants à l'aide des aimants ; il fut enfin mis sur la voie par un heureux hasard. En introduisant et en retirant le noyau magnétique d'une bobine fermée sur un galvanomètre, il observa une élongation momentanée de l'aiguille. La découverte de l'induction était faite, et Faraday en connut bientôt toutes les formes et toutes les lois. Il lui fut alors facile de montrer qu'il existait dans le disque tournant d'Arago des courants, qui, naturellement, produisaient aussi une action magnétique. Personne, auparavant, n'y avait songé, quoique cela fut bien près du principe de l'équivalence des courants et des aimants posé par Ampère. Plus le nombre des chercheurs est grand, plus il y a de chances pour que toutes

Digitized by Google

les possibilités psychologiques soient épuisées, et plus le progrès scientifique est rapide. Naturellement, si l'on avait étudié de tous côtés l'expérience du disque d'Arago, on aurait dû découvrir l'induction, sept ans plus tôt. Cette découverte est encore remarquable sous un autre rapport : comme nous le voyons maintenant sans difficulté, elle reproduit à peu près la situation intellectuelle d'Œrstedt. A est indépendant de la valeur actuelle de B, mais se modifie quand B varie. Dans le cas d'Œrstedt, B est l'état statique; dans le cas de Faraday, c'est le courant constant, l'état stationnaire. Un génie comme Faraday ne songe pas d'abord à ce rapprochement, que l'on peut facilement trouver après coup. Remarquons, en passant, que les équations de Maxwell et de Hertz ne contiennent qu'un exposé plus complet et plus clair des relations de l'électricité et du magnétisme. Ces sciences forment maintenant un tout inséparable tendant à absorber l'optique : nous avons là un second exemple d'une découverte scientifique s'étendant de l'antiquité aux temps modernes.

Van Marum a observé l'odeur particulière qui se fait sentir pendant le fonctionnement d'une machine électrique, notamment quand l'électricité s'écoule par des pointes. En 1839, Schönbein eût à plusieurs reprises l'occasion de percevoir cette odeur, qui accompagnait des coups de foudre, tandis que se montrait un nuage bleuâtre, et, plus tard, il la retrouva dans l'électrolyse de l'eau, avec l'oxygène mis en liberté. Le chimiste rap-

Digitized by Google

porta cette odeur à une substance gazeuse. C'était d'autant plus vraisemblable que la substance odorante donnait rapidement une polarisation négative à de l'or ou à du platine qu'on y plongeait, que l'argent et d'autres métaux s'y oxydaient rapidement. Elle montrait des propriétés chimiques particulières disparaissant avec la chaleur; il était naturel que Schönbein tînt pour une combinaison cette substance différente de l'oxygène, auquel elle était mélangée et qu'il appela ozone.

Puis on remarqua que la combustion lente du phosphore dans l'air développe l'odeur caractéristique; on fit des expériences de chimie qui soulevèrent de nombreuses controverses. Enfin, de la Rive montra, en 1845, que l'ozone est une modification allotropique de l'oxygène, comme Marignac l'avait deviné. On voit nettement, par cet exemple, quel rôle important l'imagination exerce sur les découvertes, en rendant possibles la comparaison et l'adaptation de ce qu'on trouve et des souvenirs d'expériences acquises dans d'autres circonstances. Une étude plus poussée de la question de l'ozone montre aussi combien la même chose se reflète de façons différentes dans des têtes différentes, combien la collaboration à la même question d'individualités intellectuelles différentes est importante et profitable. Enfin, c'est un exemple typique d'une nouvelle voie de recherche ouverte par une observation fortuite, s'offrant à un individu dont elle excite l'intérêt.

Daguerre avait essayé d'obtenir à la chambre

Digitized by Google

noire des images sur des plaques d'argent iodées, mais sans résultat, malgré beaucoup d'efforts. Il mit les plaques dans une armoire, et, quand il les en sortit au bout de quelques semaines, il y trouva les plus belles images, sans pouvoir expliquer leur mode de production. Rien ne changea, quand on sortit de l'armoire les appareils et les réactifs ; les plaques impressionnées, que l'on y renfermait, montraient toujours des images au bout de quelques heures ; il reconnut enfin qu'une cuvette contenant du mercure et restée dans l'armoire opérait le miracle, la vapeur de mercure se déposant sur les plaques impressionnées par la lumière, et il réussit à fixer par la dorure les images fugaces. Le hasard le conduisit ainsi à l'invention qu'il cherchait et à une découverte qu'il ne cherchait pas.

Cela ne change rien à l'essence de la méthode des variations que les circonstances concomitantes, qui déterminent les phénomènes, soient trouvées par une modification physique ou par une expérimentation mentale avec des pensées suffisamment adaptées. Si l'on veut se représenter de quelles façons multiples le *hasard physique* et *psychique* intervient dans les découvertes et les inventions, il n'y a qu'à citer quelques noms célèbres comme Bradley, Frauenhofer, Foucault, Galvani, Grimaldi, Hertz, Hooke, Kirchhoff, Malus, J. R. Mayer, Rœmer, Rœntgen, etc. Presque tous les savants ont éprouvé l'influence du hasard.

La tige des plantes croît vers le haut en sens

Digitized by Google

inverse de la pesanteur, et la racine vers le bas dans le sens de la pesanteur; on croit naturellement, à cause de la constance de ces faits, la direction de la croissance régie par la pesanteur. Duhamel a fait là-dessus des expériences spéciales; elles montrent que, lorsqu'on veut forcer la direction des plantes qui poussent, les tiges se redressent toujours dans la direction normale. Les expériences de Knight sont particulièrement importantes; il assujettit sur l'axe d'une petite roue verticale, mue par un courant d'eau, une seconde roue de 11 pouces de diamètre faisant 150 tours par minute, et sur laquelle il fit germer et croître des fèves placées dans les directions les plus diverses. La direction de la pesanteur variait pour ces plantes d'une façon si régulière et si rapide qu'elle ne pouvait agir sur elles, et les plantes se dirigeaient suivant la force centrifuge : les racines croissaient vers l'extérieur; les tiges croissant vers l'axe, le dépassaient et se recourbaient pour y revenir. Sur une roue horizontale de 11 pouces de diamètre, faisant 250 tours par minute, la force centrifuge et la force de la pesanteur se composaient en une résultante, qui déterminait la direction de la croissance. Le clinostat de Sachs supprime les effets de la pesanteur et, grâce à ses petites dimensions et à sa faible vitesse de rotation, ne produit pas de force centrifuge notable; il permet donc aux plantes, qui y sont fixées, de croître dans n'importe quelle direction. C'est à tort, selon moi, que Sachs semble n'attribuer à ces expériences

Digitized by Google

que peu de valeur; il peut être très vraisemblable, pour un esprit non prévenu, que la pesanteur détermine la direction de la croissance, et pourtant cette dernière peut être déterminée par de tout autres circonstances que nous négligeons : en faisant *varier* la grandeur et la direction de la force, les expériences de Knight ont d'abord mis en évidence que la force intervient. C'est seulement par l'expérimentation qu'on a pu séparer de la pesanteur l'influence de divers facteurs : lumière, air, humidité du sol. Mill a très bien exposé que la méthode de la concordance ne peut pas nous guider aussi sûrement que la méthode de la différence ou la méthode de la variation concomitante. On avait montré que la pesanteur détermine la direction de la croissance, mais le mode de cette action demeura pendant près d'un siècle une énigme. Le premier, Noll, devina que, sous l'influence de la pesanteur, il se faisait une adaptation géotropique des plantes, analogue à ce qui arrive chez les animaux grâce aux statolithes. Les recherches de Haberlandt et Nemec ont montré que, chez les plantes, les grains d'amidon jouent le rôle de statolithes, et déterminent l'adaptation géotropique par des organes de perception ou de mouvement spéciaux.

Une des questions les plus remarquables, qui aient occupé les hommes, est celle de la génération des êtres organisés. Aristote croyait à la génération spontanée, et il admettait que les êtres organisés pouvaient provenir de matière non organisée. Le Moyen âge partageait encore son opinion et Van

Digitized by Google

Helmont donne une recette pour produire des souris. La pensée de créer l'homunculus dans une cornue pouvait alors ne pas paraître trop aventureuse. Rédi, membre de l'Académie del Cimento, montra qu'il ne vient pas de vers dans la viande en putréfaction, si, à l'aide d'une gaze fine, on empêche les mouches d'y pondre leurs œufs. Lorsque l'usage du microscope eut fait connaître une légion de très petits organismes, ces questions devaient être encore plus difficiles à trancher.

Needham, le premier, songea à chauffer des matières organiques dans des vases de verre pour tuer tous les germes, et à fermer ensuite les vases hermétiquement. Malgré cela, au bout de quelque temps, les liquides renfermés dans ces vases contenaient des infusoires. Spallanzani crut, par des expériences analogues, prouver le contraire, tandis que Needham objectait que le procédé de Spallanzani gâtait l'air nécessaire à la vie des organismes. Appert appliqua avec succès ce procédé de Spallanzani à la fabrication des conserves; d'autres savants, comme Gay-Lussac, participèrent à cette recherche, mais la question restait indécise, parce qu'on n'avait pas découvert toutes les causes d'erreurs dans ces difficiles expériences.

Pasteur fut conduit à la question de la génération spontanée par l'étude des ferments, où il croyait reconnaître des êtres organisés. Aspirant de grandes quantités d'air par un tube bouché avec un tampon de coton-poudre, il trouva dans ce tampon les poussières de l'air. Il les recueillit

Digitized by Google

en dissolvant le tampon dans de l'éther et de l'alcool. L'examen microscopique montra des germes organiques plus ou moins nombreux, suivant qu'on avait puisé l'air en ville, à la campagne ou sur les montagnes.

Si l'on fait bouillir, pendant quelques minutes, dans un ballon, de l'eau qui contient du sucre et de l'albumine, si, pendant le refroidissement, on ne laisse rentrer que de l'air qui a traversé un tube de platine incandescent, et si on ferme le ballon à la lampe, il peut demeurer pendant plusieurs mois à une température de 25° à 30° centigrades, sans qu'il se développe d'organismes dans le liquide. Prenons un ballon ainsi préparé, brisons-en la pointe, introduisons le tampon plein de poussières, refermons le col à la lampe, et nous observerons régulièrement des formations organiques au bout de vingt-quatre à quarante-huit heures. De l'amiante introduite dans le ballon ne donne lieu à des formations organiques que si elle contient de la poussière. Dans des ballons ouverts, munis d'un col étroit plusieurs fois recourbé, le liquide bouilli peut, après refroidissement, rester très longtemps sans modifications, parce que la poussière est retenue dans le col recourbé et humide. Si l'on essaye, au lieu de fermer le col à la lampe, d'isoler le liquide en retournant l'ouverture vers le bas et en la plongeant dans du mercure, les germes contenus à la surface du mercure se développent bientôt.

Ces expériences, importantes par la découverte

Digitized by Google

des sources d'erreur, montrent d'une façon décisive que les organismes, *qui nous sont connus*, ne se développent qu'à partir de *germes organisés*. Mais la question *tout entière* de la génération spontanée est trop vaste pour pouvoir être tranchée par une simple expérience de physique. On peut penser avec Fechner que ce n'est pas la matière inorganisée, mais la matière organisée qui est primaire, que la matière organisée peut se transformer en matière inorganisée plus stable, et que l'inverse n'a pas lieu. La nature n'est pas astreinte à commencer par ce qui est le plus simple pour notre entendement.

La difficulté consiste alors à expliquer le *commencement* des êtres organisés sur la terre, qui était autrefois beaucoup plus chaude. Si des germes organisés ont pu être apportés par des météorites venus d'autres astres sur la terre, nous ne pouvons penser pour cet apport vivant qu'à des organismes très inférieurs et la théorie de l'évolution peut seule lever la difficulté.

Mais qu'est-ce qui nous force à admettre une séparation si profonde entre la matière organisée et la matière inorganisée et à croire que le passage de la première à la seconde est absolument irréversible? Peut-être n'y a-t-il pas de limite précise. La chimie et la physique, il est vrai, sont encore bien loin de nous faire comprendre les êtres organisés ; mais elles ont déjà fait beaucoup dans ce sens, et font tous les jours davantage. Pasteur tenait encore tous les ferments pour organisés ; nous

Digitized by Google

savons aujourd'hui qu'on rencontre dans le domaine de la matière inorganisée des actions catalytiques analogues aux actions des ferments (Ostwald).

Reportons-nous à un état de civilisation, où on ne connaissait encore que très peu le feu, où on savait bien l'éteindre, mais non l'allumer, et où on savait utiliser le feu trouvé dans la nature. On disait alors avec raison : le feu ne peut naître que du feu. Nous sommes aujourd'hui mieux renseignés. Je ne vois pas du tout comment peut venir à l'esprit la question de rendre solidaires la génération spontanée et le principe de la conservation de l'énergie.

Pour la plupart, les questions scientifiques ont commencé à se développer à une époque très éloignée avec des représentations très primitives, et ne sont pas closes du tout à l'époque actuelle. A la place des problèmes qu'on a résolus et de ceux qu'on a reconnus oiseux, il s'en est présenté de nouveaux, plus nombreux et plus difficiles. Les chemins de la connaissance sont sinueux, et chaque pas est déterminé par les précédents, en même temps que par des circonstances physiques et psychiques purement fortuites.

Il faut que l'astronomie moderne se rattache à l'astronomie des anciens, et cette dernière fait des emprunts à la géométrie. La première est aidée dans sa tâche par la physique, et notamment par la dynamique, qui s'est développée par hasard d'une façon tout à fait indépendante de l'astronomie.

Digitized by Google

L'optique, technique et théorique, qui, elle aussi, s'est développée fortuitement et d'une façon indépendante, donne un nouvel essor à l'astronomie. Plus tard, l'astronomie et la chimie se prêtent un mutuel secours. Comment pourrions-nous faire notre théorie moderne de l'électricité si nous n'avions la technique du verre et des métaux, les machines pneumatiques et la chimie? Quel rôle important ont joué certaines *idées fortuites* dont nous parle l'histoire, et la théorie de la gravitation, d'où est issue celle du potentiel! En schématisant les voies suivies dans l'acquisition de nos connaissances, nous pouvons faciliter dans une certaine mesure les recherches ultérieures si les mêmes situations se répètent, mais il ne peut être question de donner des indications fécondes pour établir des *formules*. Nous devons toujours adapter les pensées aux faits, et adapter les pensées entre elles. Dans le développement biologique, cela correspond à l'adaptation de l'organisme au milieu où il vit et à l'adaptation mutuelle des diverses parties de l'organisme.

Digitized by Google

CHAPITRE XVIII

Psychologie de la Déduction et de l'Induction.

D'après Aristote, on peut faire deux sortes de raisonnements, c'est-à-dire qu'il y a deux façons de déduire des jugements d'autres jugements, sans contradiction. On peut passer d'un jugement général à un jugement particulier, que le premier détermine : c'est faire un *syllogisme*. On peut partir de jugements particuliers, pour aboutir à un jugement général, qui les rassemble : c'est faire une *induction*. Les jugements, dont l'ensemble forme une science, sont parfaitement adaptés les uns aux autres, sans contradiction, quand ils se déduisent les uns des autres, d'après ces deux modes de raisonnement. Cela montre déjà clairement que les règles de la logique ne peuvent nous donner de nouvelles connaissances ; elles ne peuvent servir qu'à contrôler, au point de vue de leur concordance ou de leur discordance, les connaissances puisées à d'*autres* sources, et, dans

Digitized by Google

le cas de la discordance, à nous montrer la nécessité d'obtenir une concordance complète.

Considérons, d'abord, le syllogisme sous la forme classique : Tous les hommes sont mortels, or, Caïus est un homme, donc Caïus est mortel.

Mill a objecté que l'on ne peut acquérir, par le syllogisme, aucune notion que l'on n'eût déjà auparavant, puisque la majeure ne peut être exprimée d'une façon absolument générale, si l'on n'est pas déjà sûr du cas particulier, de la conclusion. La mortalité ne peut être affirmée pour tous les hommes avant d'être affirmée pour Caïus. Sans doute, peu d'hommes ont pu croire la logique capable de créer des connaissances avec rien; la critique de Mill fut néanmoins un éclaircissement et un progrès. Kant avait, d'ailleurs, reconnu depuis longtemps que des sciences comme l'arithmétique et la géométrie ne s'édifient pas avec de pures déductions logiques, mais que d'autres sources de connaissances leur sont nécessaires. On ne voit plus dans l'intuition pure *a priori* une source de connaissances. Le rôle des syllogismes se borne à mettre plus en lumière la dépendance réciproque des jugements.

L'observation inattentive des phénoménes psychiques peut néanmoins faire croire assez facilement que les syllogismes étendent nos connaissances. Partons, par exemple, de cette proposition : l'angle extérieur u d'un triangle est égal à la somme des deux angles intérieurs non adjacents, $a + b$. Si nous considérons le sommet où se ren-

Digitized by Google

contrent les deux côtés égaux d'un triangle isocèle, la relation devient $u = 2\,a$. Décrivons un cercle ayant ce sommet pour centre et passant par les deux autres sommets. Nous voyons alors que l'angle au centre u est égal au double de l'angle inscrit a. Mais si nous éloignons soigneusement de notre représentation tout ce qui n'est pas fourni par construction ou par spécialisation, et tout ce qui n'est pas amené par le syllogisme, nous n'y trouvons rien de plus que le théorème de l'angle extérieur, qui nous a servi de point de départ. Et si nous cherchons l'origine première de ce théorème, nous la trouvons dans ce fait d'expérience que la somme des angles de tous les triangles plans, que nous pouvons mesurer, n'est pas différente de deux droits. Dans les démonstrations plus longues, ce que nous venons de signaler est encore plus saillant.

Pour concentrer l'attention sur ce qui est essentiel, en négligeant ce qui est accessoire, il faut un entraînement sans lequel l'attention déraille tantôt d'un côté, tantôt de l'autre ; tous les étudiants l'ont éprouvé. En revenant plusieurs fois sur un sujet, à l'occasion d'une démonstration, par exemple, on remarque ces écarts, on les corrige et on perfectionne l'abstraction.

Même aux cas où les propositions d'où nous partons ne sont pas absolument certaines, le raisonnement logique reste faisable. Il se peut que la majeure « B est A » ne soit pas établie avec certitude ; mais il sera toujours vrai que si « B est A »

Digitized by Google

et si « C est B », C est A. C'est ainsi qu'il faut comprendre toutes les propositions de la science actuelle, y compris les propositions des mathématiques appliquées à des objets, qui ne répondent jamais complètement à l'idéal abstrait.

Passons maintenant à l'induction qui est l'opposé du syllogisme. Soient C_1, C_2, C_3, etc., les individus d'une classe de concepts B; nous constatons que C_1, C_2 et C_3 rentrent dans le concept A. Dans le cas où les individus envisagés représentent tout le contenu du concept B et, en même temps, rentrent tous dans le concept A, nous pouvons dire que B tout entier rentre dans A : c'est là une *induction complète*. Si nous ne pouvons apporter la preuve pour tous les individus C_1, C_2, C_3, etc., et si nous concluons pourtant « B est A » sans avoir passé en revue tout le contenu de B, nous avons une *induction incomplète*, et la conclusion n'est nullement justifiée d'une façon parfaite. Mais, par habitude, nous pouvons avoir néanmoins tendance à croire que tous les C se comporteront comme A, et, par conséquent, que tout B est A. Dans un but scientifique ou pratique, nous pouvons désirer qu'il en soit ainsi, et, instinctivement, ou à dessein et méthodiquement, nous pouvons admettre provisoirement que B est A.

L'*induction complète*, pas plus que le syllogisme, n'élargit nos connaissances. En rassemblant les jugements particuliers en jugements généraux, nous leur donnons seulement une forme plus expressive et plus compendieuse, mais nous ris-

Digitized by Google

quons de tomber dans l'erreur : le résultat n'est que provisoire, et doit être, plus tard, prouvé et confirmé, ou corrigé, ou encore totalement rejeté.

La plupart de nos jugements généraux nous sont fournis par *induction incomplète*, et il n'y en a qu'un petit nombre, qui reposent sur une induction complète. La formation d'un jugement général de cette sorte n'est pas l'affaire d'un instant : des générations entières travaillent à établir ou à corriger ces inductions. Plus l'expérience s'étend dans l'espace et dans le temps, plus le contrôle des inductions devient serré. Ce qui subsiste le plus longtemps sans être modifié, ce sont les inductions faites dans un domaine subjectif, où le contrôle est difficile ou même impossible; rappelons-nous l'astrologie, les sorcières, le spiritisme et les autres formes, officielles et privées, de la foi et de la superstition.

Il y a, à côté de cette *vérification directe* par l'expérience, une *vérification indirecte*, qui n'est pas moins importante. On peut reconnaître, par leurs conséquences, si plusieurs inductions sont compatibles entre elles ou non. En face des résultats de la statistique, que devient la volonté libre, au sens des indéterministes ? Ne tire-t-on pas des tables de mortalité des Compagnies d'assurance une induction d'une toute autre valeur que de la proposition : tous les hommes sont mortels?

La majeure d'un syllogisme peut être acquise de différentes façons, de même que les jugements particuliers, qui servent à établir l'induction. Ces

Digitized by Google

jugements particuliers peuvent représenter le résultat d'inductions, de trouvailles immédiates ou de déductions. Les propositions, d'où sont partis les premiers géomètres grecs, pourraient bien avoir été des résultats d'induction immédiate. Il semble que la proposition « la droite est le plus court chemin d'un point à un autre » soit le résultat d'expériences sur des fils tendus, et c'est encore une proposition fondamentale pour Archimède.

Mais on peut également partir de propositions, dont les conséquences sont en accord complet avec l'expérience, alors que celle-ci ne donnerait que difficilement une preuve rigoureuse directe de la proposition fondamentale. Ce sont des propriétés de ce genre, à proprement parler des hypothèses, qui servent de points de départ à la mécanique newtonienne.

Dans la déduction des propositions mathématiques, en géométrie par exemple, l'*induction complète* intervient souvent. Quand Euclide démontre le théorème relatif au rapport de l'angle au centre et de l'angle inscrit de la circonférence, il distingue trois cas pour chacun desquels la marche de la démonstration est différente, et le théorème n'est énoncé d'une façon générale que quand il a été démontré pour chacun de ces trois cas. On emploie ici comme moyen de démonstration une induction complète, et on acquiert une vue d'ensemble sur tous les cas possibles. On a commis de graves erreurs en mathématiques, en prenant pour générale une démonstration donnée dans un

Digitized by Google

cas particulier. En mathématiques, nous atteignons assez facilement la vue d'ensemble complète de tous les cas possibles, à cause de l'uniformité et de la continuité des objets, que nous y considérons et dont le classement nous est familier et bien connu.

L'*induction incomplète*, elle aussi, a souvent été employée comme moyen de découverte en mathématiques. C'est par elle que Wallis déduit le terme général et la somme des séries formées suivant une loi déterminée. Ces recherches peuvent être considérées comme les commencements du calcul intégral. J. Bernoulli a trouvé la belle méthode qui permet de transformer ces inductions incomplètes en inductions complètes. Il a appliqué à la somme des carrés, des cubes, etc., ce procédé, dont voici le schéma : soit $f(n)$ le terme général de la série et $F(n)$ la formule de la somme, trouvée par induction. Cette formule est valable, quel que soit n, si $F(n) + f(n+1) = F(n+1)$.

La méthode de Bernoulli a aussi son importance pour les sciences physiques et naturelles. Elle nous montre que, quand on a trouvé par une induction incomplète relative aux termes C_1, C_2, etc. du concept B une propriété A, on ne peut l'attribuer au concept B lui-même, que si l'on a reconnu que cette propriété est liée au caractère du concept B, et indépendante des variations de ses termes. Ici, comme dans beaucoup d'autres cas, les mathématiques sont symboliques pour les autres sciences.

Le syllogisme et l'induction ne créent donc

Digitized by Google

aucune connaissance nouvelle, mais ils assurent l'absence de contradiction entre nos connaissances, mettent en évidence leurs relations, dirigent notre attention sur les différentes faces d'une question et nous apprennent à reconnaître le même point de vue sous différentes formes. Il est clair que la source de la connaissance pour le savant doit se trouver ailleurs, et il est bien surprenant que la plupart des savants, qui se sont occupés des méthodes employées dans la recherche scientifique, désignent cependant l'induction comme la principale, tout comme si les sciences n'avaient d'autre tâche que de classer et rassembler des faits qui sont individuellement donnés. L'importance de cette tâche n'est certes pas contestable, mais elle n'absorbe pas complètement le travail du savant; celui-ci doit avant tout trouver les caractères dont il faut tenir compte et leurs relations, tâche beaucoup plus difficile que de classer ce qui est déjà connu.

Le nom de *sciences inductives* n'est donc pas justifié; il ne peut se comprendre que si on se reporte à une vieille tradition restée debout. En regardant les tables données par Bacon ou les schémas de Mill, nous voyons que la comparaison peut attirer notre attention sur une liaison, qui était restée négligée jusque-là, si cette liaison n'était pas assez frappante pour appeler directement le regard sur elle. Ici nous concentrons l'attention sur des caractères, qui dépendent les uns des autres, et nous négligeons des caractères moins importants : nous

Digitized by Google

faisons une abstraction. Ce processus n'a rien à voir avec l'induction, mais nous admettons d'ordinaire que l'observation de beaucoup de faits, présentant certains caractères communs, nous conduit plus facilement que l'examen d'un seul fait à en concevoir d'une façon abstraite les caractères stables, et ce procédé présente avec l'induction une certaine similitude. Voilà peut-être pourquoi on a si longtemps employé ce nom de sciences inductives.

Cherchons maintenant à analyser le processus de la recherche scientifique, sans plus nous inquiéter de la dénomination qui lui convient. D'où nous viennent donc les nouvelles connaissances, puisque la logique ne nous en apporte aucune ? Elles viennent toujours de l'*observation*, soit de l'observation sensible *extérieure*, soit de l'observation *intérieure*, qui est relative aux représentations. Nous dirigeons notre attention sur telles ou telles liaisons des éléments et nous aboutissons soit à une connaissance scientifique, soit à une erreur suivant que le fait observé est compatible ou non avec les autres observations. La base de toute connaissance est donc l'*intuition* sous ses deux formes, *intuition sensible* avec les représentations intuitives, et *intuition potentielle* avec les concepts. La logique ne s'occupe que de concordances et de contradictions ; elle ne peut entrer en jeu que si des choses antérieurement connues sont perçues ou représentées.

Si l'importance biologique directe ou indirecte

Digitized by Google

d'une observation éveille notre intérêt, le mécanisme de l'association concentre déjà notre attention sur deux ou plusieurs éléments, qui nous apparaissent comme liés entre eux dans l'observation, et déjà involontairement intervient l'*abstraction*. Elle donne aux faits particuliers le caractère d'un fait plus général, représentant beaucoup de faits particuliers semblables. Comme il est naturel, l'accumulation de plusieurs observations similaires nous place plus facilement dans cette situation psychologique, mais une seule observation d'un haut intérêt peut suffire à l'éveiller.

Le savant expérimenté peut aussi volontairement, et en sachant bien qu'il se *hasarde*, négliger méthodiquement les circonstances accessoires, pour prévoir un certain résultat possible. La pensée ainsi généralisée doit être alors contrôlée par l'observation et l'expérimentation. Dans cette transformation de l'observation particulière en quelque chose de plus général, la volonté joue un certain rôle. Les faits observés peuvent, il est vrai, offrir des points de rapprochement. Képler peut voir que Mars suit une trajectoire ovale fermée, et Newton remarque qu'un corps chaud se refroidit d'autant plus vite qu'il est dans un milieu plus froid, mais il faut que la pensée propre de Képler intervienne pour ajouter quelque chose à l'observation particulière, en supposant que la trajectoire de Mars est une ellipse, et Newton songe à la proportionnalité de la vitesse de refroidissement et de la différence de température. Qu'on se reporte à ce que

Digitized by Google

j'ai dit de l'hypothèse, de l'analogie et de l'expérimentation mentale.

La simple exposition d'un fait exige plus d'efforts personnels qu'on ne le croit généralement. Les résultats de l'observation immédiate ne nous font pas savoir si un élément dépend de certains autres éléments, ni quelle est leur relation fonctionnelle : pour ces points, c'est le savant qui décide. Gardons-nous de croire que le mot description puisse suffire ici pour caractériser, *sans l'amoindrir*, la tâche du savant.

Jusqu'à quel point la preuve d'un fait peut-elle satisfaire le savant? Cela dépend du point de vue où il se trouve placé, de l'ensemble de ses idées et du niveau scientifique de son époque. Les tourbillons pouvaient suffire à Descartes pour représenter le mouvement des planètes, et Képler, qui avait encore des idées animistiques, regardait assez volontiers la terre comme un animal : les lois qu'il avait trouvées lui apparaissaient comme une grande simplification. Mais Newton, connaissant déjà la mécanique de Galilée et de Huyghens, devait juger très compliqué un mouvement, qui, à chaque instant et en chaque point de l'espace, changeait de direction et de vitesse.

La mécanique pratique nous apprend à faire tourner un corps en cercle au bout d'un fil tendu, et la mécanique théorique ramène la chose aux faits les plus simples. Suivant les indications de Platon, Newton suppose le problème résolu, et il voit dans le mouvement d'une planète un mouve-

Digitized by Google

ment analogue à ce mouvement de rotation. La méthode analytique lui permet de trouver la tension du fil, ce qui résout la question, et le mène à la découverte du fait nouveau plus simple, dont la connaissance remplace toutes les lois de Képler.

Il en est de même dans d'autres branches de la science : la propagation rectiligne de la lumière, la réflexion et la réfraction sont constatées par l'observation à peu près comme les lois de Képler. Huyghens, s'appuyant sur des expériences relatives aux ondes sonores et aux ondes liquides, cherche à ramener les phénomènes lumineux à des mouvements d'ondes. En poursuivant les recherches de Newton sur les ondes liquides et sonores, Yung et Fresnel arrivent enfin à expliquer dans la théorie de Huyghens la périodicité de la lumière et sa polarisation.

Ici comme partout, les notions acquises par synthèse dans une branche de la science servent à faire l'analyse dans une autre branche. Les méthodes de Platon sont toujours utiles, quoique ici elles ne nous guident pas si sûrement ni si simplement qu'en géométrie. Ainsi peu à peu toutes les branches de la physique et de la chimie deviennent *solidaires*.

Quand on trouve analytiquement une idée fondamentale, offrant une conception plus simple, plus facile et plus complète d'un fait ou d'une multiplicité de faits, on en éprouve la valeur par la déduction. Quand on peut montrer, ce qui est d'ailleurs extrêmement rare, que cette idée est

Digitized by Google

la seule hypothèse, d'où il soit possible de déduire les faits, on est sûr que l'analyse qui y a conduit est tout à fait exacte. Une proposition générale est le point de départ de la déduction, et, inversement, elle est l'aboutissant de la méthode inductive. La déduction s'avance méthodiquement et pas à pas; l'induction procède par des bonds, qui n'ont rien de méthodique, et, par conséquent, *les résultats de l'induction doivent être justifiés après coup par la déduction.*

Digitized by Google

CHAPITRE XIX

Nombre et mesure.

Quand, dans un complexe relativement stable d'éléments sensibles, nous trouvons une relation entre certaines réactions, nous acquérons une connaissance scientifique. Par exemple, une espèce de plante, systématiquement déterminée par la forme et la disposition des feuilles, par sa floraison, etc., présente certains phénomènes géotropiques ou héliotropiques : voilà une connaissance scientifique. Fixer cette connaissance par le langage, de manière à pouvoir la communiquer aux autres hommes, est chose compliquée, bien qu'on ait recours à des classifications et à une terminologie spéciale, qui simplifient cette tâche et la rendent plus facile.

Sous ce rapport, les sciences physiques nous offrent un contraste frappant avec les sciences biologiques. Si deux poids sont suspendus à un fil passant sur une poulie, il nous suffit de remplacer chacun de ces poids par un certain nombre de poids plus petits et *égaux* entre eux, pour pouvoir dire que le poids formé par le plus grand nombre

Digitized by Google

de ces poids élémentaires entraînera l'autre. Si ces poids sont attachés aux deux bras inégaux d'un levier, partageons les bras du levier en parties égales entre elles, comptons les parties d'un des poids et les parties du bras correspondant, formons le produit des deux nombres, et faisons de même pour l'autre côté : c'est le côté du plus grand produit qui l'emporte.

Nous obtenons facilement la description du fait isolé en comptant le nombre des parties égales, dans lesquelles se laissent décomposer les éléments qui caractérisent ce fait, et tous les cas d'un même genre, par exemple tous les cas de leviers, qui ne se distinguent que par le *nombre* de parties égales des poids et des bras, sont si semblables, que l'on en a aisément une description d'ensemble, quand on donne la *règle du calcul* à appliquer après qu'on a fait le dénombrement de ces parties. Cette sorte de compréhension d'ensemble peut s'appliquer à un groupe de faits très étendu : par exemple, la notion de travail nous donne la théorie de toutes les machines.

D'une façon analogue, la chute des corps, et la réfraction de la lumière peuvent être décrites simplement, sous forme de tableaux numériques. Nous pouvons diviser les grandeurs d'espace, de temps, d'intensité en parties égales aussi petites que nous voulons, ce qui nous permet, quand nous avons affaire à quelque chose de mesurable, d'envisager les grandeurs, qui interviennent dans des faits quelconques, comme formées de très petits éléments, et

Digitized by Google

d'étudier leurs variations pendant des intervalles de temps infiniment petits. Par là, toutes les règles de calcul s'expriment sous forme d'*équations différentielles*, et il suffit d'un petit nombre de ces équations pour représenter tous les faits imaginables, mécaniques, thermiques, électro-magnétiques, etc. L'application de ces équations peut d'ailleurs, dans des cas spéciaux, réserver encore de grandes difficultés.

On n'en est pas encore là dans les sciences biologiques, mais certaines sciences, telles que la chimie, tiennent le milieu, et ne sont que partiellement accessibles à une étude quantitative.

On ne peut que remarquer et fixer par le langage une relation qualitative entre deux réactions, et il est d'ordinaire très difficile de donner de ces relations une expression générale. Mais on y arrive avec moins de peine quand les réactions qualitatives se laissent ramener à des réactions quantitatives. Il suffit de songer à l'analyse chimique qualitative et à la théorie des phases de la chimie physique, pour voir que l'*étude quantitative n'est qu'un cas particulier plus simple de l'étude qualitative.*

Si la physique a atteint un développement plus avancé que la physiologie, cela tient simplement à ce que les problèmes, dont elle s'occupe, sont plus simples et plus faciles, qu'ils présentent entre eux plus d'homogénéité, et que leurs solutions peuvent être ramenées plus aisément à une expression d'ensemble. La description par les nombres est, en effet, la plus simple possible, et, avec le système de

Digitized by Google

nombres dont nous disposons, elle peut atteindre, sans nouvel effort d'invention, le degré de finesse et d'exactitude désirables. Le système de numération ne le cède en clarté à aucune autre nomenclature. Ces avantages évidents doivent nous engager à essayer de réduire peu à peu toutes les recherches qualitatives à des recherches quantitatives. Ainsi les qualités des couleurs deviennent, par les indices de réfraction et les longueurs d'ondes, des caractères quantitatifs; de même les qualités des sons, par les nombres de vibrations.

La recherche quantitative a encore un avantage particulier sur la recherche qualitative, quand il s'agit du physique au sens le plus large du mot. Il faut éliminer autant que possible l'influence de l'observateur. On y arrive quand, dans les mesures, on ne fait que comparer des ressemblances qualitatives, et constater que deux choses sont égales ou inégales. Alors n'intervient plus la qualité de l'impression qui dépend de l'observateur. La psychologie introspective ne peut actuellement exclure ce qui est qualitatif, aussi les notions de mesure n'ont guère de sens pour son domaine. Mais si, plus tard, elle se rattache à la physiologie et à la physique, cette situation se modifiera.

Essayons maintenant d'expliquer psychologiquement comment les besoins biologiques ont conduit les hommes au *concept de nombre*. Si on enlève ou si on ajoute quelque chose à un petit groupe de pièces de monnaie pareilles ou de jouets, de tout

Digitized by Google

jeunes enfants le remarquent de suite. Certainement aussi l'animal sait distinguer de petits groupes de fruits inégaux, et préfère aux autres le groupe le plus considérable.

Le concept de nombre a pour origine le besoin de perfectionner cette capacité de distinction. Nos enfants réussissent de suite à comprendre dans un groupe deux, trois, quatre éléments sans perdre la distinction de ces éléments. Ainsi se constituent les premières représentations de nombre; elles se développent par les sens de la vue, du toucher, ou de l'ouïe. Quand on change les objets et qu'on emploie le *nom de nombre*, on est amené à concevoir qu'une certaine réaction est indépendante de l'espèce des objets et on parvient au *concept de nombre*. Pour rendre plus claire la représentation des nombres correspondant à des groupes plus considérables, nous les partageons en parties qui nous sont déjà familières, et que nous arrangeons en ordre synoptique.

Il y a un autre procédé synoptique d'arrangement des éléments d'un groupe voisin de ce moyen. On fait correspondre à chaque élément du groupe un élément d'un autre groupe d'objets très familiers. Les peuples primitifs choisirent pour ce groupe auxiliaire les doigts de la main et, parfois aussi, les orteils des pieds. Nous-mêmes, étant enfants, nous avons employé ce procédé pour renforcer nos représentations de nombre. Nous nommons les doigts pendant le classement; un usage répété amène l'oubli de la signification primitive

Digitized by Google

de ces noms des doigts, et c'est ainsi que se constituent les noms de nombre.

Un petit artifice tout naturel peut rendre ce mode de classement indéfiniment applicable, si on compte les groupes de dix comme étant à leur tour des éléments d'un groupe d'ordre plus élevé, et ainsi de suite. Chaque élément apparaît alors comme un groupe de dix éléments semblables plus petits, et le système des nombres est aussi bien applicable à la numération de l'infiniment grand que de l'infiniment petit. Considérons deux groupes A et B formés tous deux d'éléments égaux, et faisons correspondre à chaque élément du groupe A un élément du groupe B. Si nous pouvons ainsi épuiser les deux groupes, nous disons qu'ils ont même contenu ou qu'ils sont égaux. Mais si B se trouve épuisé, alors que A ne l'est pas encore, le contenu de A est plus grand que celui de B. Nous nommons nombres ces concepts par lesquels, en ce qui concerne leur contenu, nous déterminons et nous distinguons entre eux des groupes d'éléments. Quand les concepts de nombre remplacent les représentations de nombre, ce n'est plus l'intuition immédiate qui entre en jeu, mais seulement l'intuition potentielle.

Quand le nombre devient assez grand pour dépasser l'intuition directe, il est indispensable de recourir à un *principe de classement* pour former le concept de nombre ou de collection. Le principe de classement fait que tout nombre contient en puissance la représentation de tous les nombres

Digitized by Google

précédents et, en même temps, fait reconnaître nettement sa position entre deux éléments déterminés du système : c'est lui qui fait la supériorité des noms de nombre sur les simples noms. Les registres alphabétiques, les numéros des pages d'un livre, etc., en sont des exemples.

Les *opérations du commerce*, l'achat et la vente entraînent le développement de l'*arithmétique*. La civilisation primitive emploie, pour soutenir ses calculs, des dispositifs simples comme l'abaque des Romains ou la machine à calculer des Chinois. Tous ces dispositifs symbolisent les objets à compter par de petits corps mobiles, que l'on déplace au lieu de manier des objets lourds. Si l'on prend la notion de machine ou dispositif secourable dans un sens plus large, il faut reconnaître que nos chiffres arabes, avec la notation décimale et l'emploi du zéro, forment une machine à calcul, que l'on peut installer partout avec du papier et un crayon.

Dans le commerce se présentent différents problèmes. On a besoin, par exemple, de rassembler en un seul groupe deux ou plusieurs groupes d'éléments égaux et de donner le nombre total de leurs éléments ; c'est l'*addition*. La solution primitive consistait à compter tous les éléments du groupe unique ainsi réalisé, sans s'inquiéter de savoir si les groupes élémentaires avaient déjà été comptés séparément ou non. Avec de petits nombres, les enfants emploient encore effectivement ce procédé, et acquièrent ainsi une certaine expérience, qu'ils uti-

Digitized by Google

lisent quand ils additionnent des nombres plus grands, écrits dans le système décimal. On voit déjà, par cet exemple simple, que le calcul consiste à éviter l'opération directe de compter, en la remplaçant par des opérations déjà effectuées antérieurement. *Le calcul est un moyen de compter indirect.* Dans la vie pratique, on rencontre aussi des soustractions, des multiplications, des divisions, etc., et on pourrait montrer qu'il s'agit toujours d'une façon de compter simplifiée et abrégée.

Le milieu, où nous vivons, contribue donc au développement des concepts d'arithmétique plus qu'on ne l'admet quelquefois. Compter n'aurait ni but, ni sens, si l'expérience physique ne nous apprenait pas qu'il existe une multitude de choses équivalentes constantes, et si les besoins physiologiques ne nous poussaient pas à ranger ces choses en groupes. Pourquoi compterions-nous si notre milieu était absolument inconstant, si tout changeait à chaque instant comme dans un rêve ? S'il était pratiquement possible de compter directement de grands nombres, sans dépense de temps et de travail, les procédés de calcul se seraient-ils imposés ?

En comptant directement, nous ne faisons que constater ce qui nous est donné d'une façon sensible dans les faits. Puisque le calcul n'est qu'une façon de compter indirecte, nous ne pouvons, par lui, rien apprendre d'essentiellement nouveau sur le monde sensible, rien que l'observation directe

Digitized by Google

ne puisse nous donner. Comment les mathématiques donneraient-elles à la nature des lois *a priori*, puisqu'elles doivent se borner à mettre les résultats du calcul en accord avec ses points de départ ? Mais nous avons toujours grand intérêt à bien connaître les diverses formes du calcul ; cela nous permet d'envisager le même fait sous les points de vue les plus différents.

C'est au service de la vie pratique que l'arithmétique a commencé à se développer. Celui qui a souvent à faire des calculs semblables et qui y a acquis, avec des vues d'ensemble, une facilité spéciale, trouve moyen de simplifier et d'abréger les procédés ; ainsi se constitue l'*algèbre*, dont les symboles généraux ne désignent aucun nombre en particulier, et qui appelle l'attention exclusivement sur la forme des opérations. L'algèbre traite, *une fois pour toutes*, toutes les opérations de même forme, et il ne reste plus à faire, dans chaque cas particulier, qu'une besogne de calcul préparée à l'avance. Aussi les propositions de l'algèbre, comme celles des mathématiques, n'expriment-elles jamais que des équivalences entre modes de classement. C'est ce qui arrive quand nous écrivons les deux membres de l'équation, qui exprime le théorème du binôme, ou que nous juxtaposons une équation différentielle et son intégrale.

Remarquons en passant que le système des signes mathématiques représente encore une machine qui allège le travail de tête ; en même temps,

Digitized by Google

l'écriture mathématique est l'exemple le plus beau et le plus concret d'une pasigraphie parfaite, mais limitée dans son emploi.

La considération de groupes d'objets d'égale valeur ne nous mène immédiatement qu'au concept de *nombres entiers*. La division, qui est analytique, tandis que la multiplication est synthétique, nous conduit dans certains cas, à diviser des objets comptés séparément (unités), et à créer des *nombres fractionnaires*, qui n'ont de sens que quand les unités sont réellement divisibles. Quand nous appliquons l'algèbre à la géométrie ; quand, par exemple, nous essayons d'exprimer avec la même unité la diagonale et le côté d'un carré ; quand nous faisons certaines opérations purement arithmétiques, comme les extractions de racines, nous sommes conduits à la fiction des nombres *irrationnels*, qu'aucune opération numérique finie ne peut complètement représenter.

L'addition et la soustraction elles-mêmes nous mènent à de nouvelles formations abstraites. L'opération (7 + 8) est toujours exécutable, ainsi que (8 — 5) ; par contre, (5 — 8) est une impossibilité, si on ne peut compter que dans un sens les objets dont il s'agit, mais elle devient immédiatement possible, et acquiert un sens intelligible, si les unités en question sont dans le rapport d'avoir à dette, de pas en avant à pas en arrière, etc. On arrive ainsi aux concepts de *nombres positifs* et de *nombres négatifs*, et on les désigne par les signes de l'addition et de la soustraction, opérations à

Digitized by Google

l'occasion desquelles s'est d'abord manifesté le besoin de fixer cette distinction.

Le carré d'un nombre négatif est positif, et cela entraîne que la racine carrée d'un nombre négatif nous apparaisse immédiatement comme quelque chose d'impossible, d'*imaginaire*. Wallis, le premier, a été conduit, par des applications géométriques de l'algèbre, à regarder $\sqrt{-1}$ comme la moyenne géométrique entre -1 et $+1$ $(+1 : i = i : -1)$ d'où $i = \sqrt{-1}$. On en était revenu plus ou moins nettement à cette conception, jusqu'à ce que Argand l'ait exposée d'une façon tout à fait claire dans sa généralité. Rapportant la proportionnalité non seulement à la grandeur, mais aussi à la direction, il donne à l'expression $\alpha + \beta\sqrt{-1}$, la signification d'un vecteur dans le plan. Nous allons de l'origine à l'extrémité de ce vecteur en nous déplaçant d'une quantité α dans une direction, puis d'une quantité β dans la direction perpendiculaire à la première, et les points du plan peuvent être représentés par des nombres complexes.

La pratique de l'arithmétique conduit ainsi, dans bien des cas, à des opérations qui, au premier regard, paraissent impossibles, ou dont les résultats semblent n'avoir aucun sens. Mais un examen plus précis montre que, en élargissant un peu les concepts arithmétiques jusque-là employés, l'impossibilité disparaît et que le résultat devient susceptible d'une interprétation tout à fait claire. Si les mathématiciens avaient appris à connaître les avantages de ces processus, ils seraient maintenant beaucoup

Digitized by Google

plus aptes à répondre à nos besoins par de nouvelles inventions. Signalons à ce propos les travaux de Grassmann, d'Hamilton, etc., en ce qui concerne la direction des vecteurs, dans lesquels les concepts de nombre sont immédiatement adaptés aux besoins de la géométrie, de la cinématique, de la mécanique, de la physique, etc.

Les applications de la théorie des nombres sont relativement simples, quand il s'agit d'objets *discrets* équivalents entre eux à un certain point de vue. Beaucoup d'objets de la recherche, comme l'étendue dans l'espace et le temps, l'intensité des forces, etc., n'offrent pas immédiatement des groupes d'éléments équivalents qu'on puisse directement compter. A la vérité, on peut les partager de bien des façons en éléments d'égale valeur, ceux-ci, à leur tour, en éléments analogues, etc.; seulement on doit artificiellement choisir les limites de division de ces éléments, ainsi que la grandeur de leurs dernières parties.

Sous le bénéfice de ces remarques, une quantité, intervenant dans une recherche quelconque, peut être déterminée d'une façon aussi précise que l'on voudra. L'imperfection de nos sens nous force à nous arrêter à une certaine limite. La coïncidence des extrémités d'un étalon avec celles de l'objet à mesurer ne peut être réalisée qu'avec une précision limitée. Le nombre, qui donne, comme résultat de la mesure, le rapport entre l'objet à mesurer et l'étalon, souffre, lui aussi, de cette inexactitude. Le même défaut s'attache d'ailleurs aux

Digitized by Google

applications pratiques de l'arithmétique à des objets *discrets*, la supposition idéale de l'égalité absolue des objets n'est, en fait, jamais réalisée.

Par conséquent, pour *mesurer* des grandeurs physiques variables d'une façon continue, on doit choisir un objet de comparaison, l'unité de mesure, et fixer comment sera déterminée l'égalité d'un autre objet et de l'étalon. Nous prenons comme égaux dans une certaine relation des objets qui, dans des circonstances toujours les mêmes, peuvent se remplacer sans que le résultat varie. Deux poids sont égaux si, placés l'un après l'autre dans le même plateau de la même balance, ils produisent la même inclinaison du fléau ; deux courants électriques sont égaux, s'ils déterminent la même déviation de l'aiguille, en passant l'un après l'autre dans le même galvanomètre, etc. Si l'on met n masses égales à l'unité de masse sur le même plateau de la balance, si l'on fait passer n unités de courant dans le même fil du galvanomètre, etc., le résultat ne dépend que du nombre n, quand les unités sont parfaitement interchangeables.

Après avoir déterminé les valeurs numériques des quantités qui interviennent dans une série de cas physiques de même espèce, on réussit souvent à représenter leur relation mutuelle par une règle simple, et cela avec une exactitude qui suffit pour exposer les faits. On peut prendre comme exemple la loi de la réfraction de la lumière, la loi de Mariotte-Gay-Lussac, la loi de Biot et Savart. Ces lois, une fois connues, peuvent

Digitized by Google

souvent faciliter une mesure indirecte, quand une mesure directe serait difficile ou impossible. Par exemple, il est difficile de faire varier d'une façon continue l'intensité d'une source lumineuse, mais l'œil peut facilement apprécier l'égalité de deux sources lumineuses par l'égalité d'éclairement de deux surfaces égales, qui, juxtaposées à égale distance de ces sources, sont éclairées normalement. Dès lors, si on montre qu'une surface, éclairée normalement par une source lumineuse, présente le même éclairement qu'une surface égale éclairée par 4, 9, 16, etc. sources égales à la première, et serrées les unes contre les autres à des distances 2, 3, 4, etc. fois plus grandes, la mesure du rapport des intensités lumineuses est ramenée à celle du rapport des distances des sources correspondant à un égal éclairement.

Une grandeur physique étant composée de parties de même espèce, il faut toujours vérifier si cette *juxtaposition* correspond à une *addition réelle*. Par exemple on peut, sans difficulté, obtenir une lumière plus forte avec des lumières de même espèce indépendantes, et égaler son intensité à la somme des intensités de ses parties, mais on sait que ceci n'est plus vrai pour les images d'une source lumineuse de petite dimension.

Digitized by Google

CHAPITRE XX

L'espace physiologique et l'espace géométrique.

L'espace *physiologique*, l'espace de notre intuition sensible, que nous trouvons tout fait au plein éveil de notre conscience, est très différent de l'espace *géométrique* abstrait. Pour la plupart, les notions de géométrie sont acquises par des expériences faites à dessein. L'espace de la géométrie euclidienne a partout et dans toutes les directions la même constitution, et il est illimité. Comparons lui d'abord l'espace visuel, qui est, pour ceux qui jouissent de la vue, l'espace le plus familier. Nous trouvons que l'espace visuel est limité, qu'il n'a pas la même constitution partout ni dans toutes les directions. Certains faits relatifs à la vision des formes, et dont j'ai parlé dans l'*Analyse des sensations*, montrent que ce qui est au-dessus et ce qui est au-dessous, comme ce qui est proche et ce qui est lointain, correspondent à des sensations tout

Digitized by Google

à fait différentes. Il résulte de certains faits de symétrie physiologique que la droite et la gauche donnent aussi des sensations différentes, quoique très semblables. L'inégalité des diverses directions apparaît dans les phénomènes de similitude physiologique.

Quand le train où nous sommes entre dans un tunnel, les pierres de l'entrée semblent grandir, et inversement, à la sortie, elles diminuent rapidement: ceci nous montre d'une façon très frappante que les objets, que nous voyons dans l'espace visuel, ne sont pas mobiles sans contraction ni extension comme les objets invariables, qui leur correspondent dans l'espace euclidien. Déjà des objets immobiles et familiers peuvent nous le faire voir. Une baguette cylindrique, placée horizontalement sur les sourcils, présente, dans cette position inaccoutumée, une forme conique frappante, et, près du visage, elle s'élargit comme une trompe.

L'espace visuel est limité et semble même avoir des limites assez étroites. Il résulte d'une expérience de Plateau qu'une image consécutive n'est pas beaucoup plus rapetissée quand elle se projette sur une surface, dont la distance à l'œil augmente au delà de trente mètres. Tous les hommes non prévenus, sensibles à l'impression immédiate, voient, comme les astronomes de l'ancien temps, le ciel sous la forme d'une sphère de rayon fini. L'aplatissement de la voûte céleste, que Ptolémée connaissait déjà, et qu'Euler a discuté dans les temps modernes, nous fait saisir une extension

Digitized by Google

inégale de l'espace visuel dans différentes directions. Zoth a amorcé l'explication physiologique du fait, en montrant que ce phénomène dépend de l'élévation du regard par rapport à la tête. La possibilité de faire des panoramas nous indique aussi que l'espace visuel a d'étroites limites.

Remarquons encore que l'espace visuel n'est pas *métrique :* les situations des points et leurs distances diffèrent qualitativement et non quantitativement. Les mesures faites, comme on dit, à vue d'œil, ne se développent qu'après des mesures physiques.

Des perceptions d'espace nous sont aussi données par la peau, qui représente une surface fermée de forme géométrique compliquée. Nous ne distinguons pas seulement la qualité de l'excitation, mais aussi la place excitée, et cela par une sorte de sensation surajoutée. Si cette sensation surajoutée ne change qu'avec la place de la peau excitée, et si elle est d'autant plus différente que l'on considère des places plus éloignées l'une de l'autre, cela suffit à satisfaire nos besoins biologiques essentiels. E. H. Weber a montré les grandes différences que cet espace tactile présente par rapport à l'espace géométrique. Si l'on rapproche deux pointes de compas de façon à ce que, appliquées sur la peau, elles ne soient plus perçues comme distinctes, on trouve que leur écart est beaucoup plus petit à la pointe de la langue qu'au milieu du dos.

La peau correspond à un espace de Riemann à deux dimensions, fini et fermé. Les sensations des mouvements des membres, tout spécialement des

Digitized by Google

bras, des mains et des doigts, nous donnent des renseignements sur une troisième dimension. Nous apprenons peu à peu à interpréter ce système de nos sensations, et à le faire correspondre à l'espace géométrique plus simple. C'est ainsi que nous estimons dans l'obscurité l'épaisseur d'une table que nous saisissons entre le pouce et l'index. Nous réussissons même à faire cette estimation si nous touchons la face supérieure de la table avec un doigt de la main droite, et la face inférieure avec un doigt de la main gauche.

L'espace tactile, comme l'espace visuel, est *anisotrope* et *non homogène*. Dans ces deux espaces physiologiques, les trois directions principales d'avant en arrière, de haut en bas et de droite à gauche ne sont pas équivalentes.

Nous ne devons pas être bien surpris de ne trouver le sens de l'espace que là où il a une fonction biologique à remplir. Il ne nous servirait à rien d'être renseigné sur la situation des organes intérieurs, puisque nous n'avons aucune influence sur leurs fonctions. Par exemple, le sens de l'espace ne s'étend pas bien profondément dans le nez, et nous ne pouvons distinguer si nous sentons par la narine droite ou par la narine gauche des parfums, qui y sont introduits avec de petits tubes. Au contraire notre sensibilité tactile s'étend jusqu'au tympan, et c'est elle qui nous permet de reconnaître si nous recevons de droite ou de gauche l'ébranlement sonore le plus intense. Nous connaissons ainsi l'orientation grossière de la source sonore, mais

Digitized by Google

cela ne suffit pas pour nous renseigner d'une façon bien précise.

Chacun des espaces physiologiques correspondants à nos différents sens n'embrasse qu'une partie du domaine physique commun. Nous ne pouvons voir qu'une partie de la peau, à toute la surface de laquelle s'étend le sens du tact ; le sens de la vue porte plus loin que tous les autres ; l'oreille nous oriente dans l'espace d'une façon bien moins nette que l'œil, et ses indications s'étendent bien moins loin. Au début, ces différentes sensations d'espace semblent indépendantes, puis elles se relient par association, et forment le système qui a pour nous la plus grande importance pratique.

Toutes les sensations d'espace ont pour but de diriger nos mouvements pour notre conservation; cette fonction commune forme le lien d'association entre les diverses sensations d'espace. Celui qui jouit de la vue est très bien guidé par les sensations et les représentations de l'espace visuel, qui sont pour lui les plus familières et les plus utiles. Si dans l'obscurité, ou bien quand j'ai les yeux fermés, on dessine sur ma peau une figure, je la traduis en une *image visuelle*, et j'évoque pour cela le *mouvement* que j'ai ressenti. Si, par exemple, on veut qu'une figure dessinée sur mon front m'apparaisse comme un R, il faut que celui qui est devant moi écrive sur mon front un R vu dans un miroir, sur l'occiput un R, sur la peau du ventre un R renversé dans le sens vertical : alors, si j'imagine que j'écris moi-même ces signes, je reconnais un R.

Digitized by Google

Je me représente d'une certaine façon, dans les deux premiers cas, ma tête comme transparente, et, dans le dernier cas, j'imagine que j'écris sur mon ventre, et que je lis ce que j'écris.

Il est très difficile pour celui qui jouit de la vue de pénétrer dans les représentations spatiales de l'aveugle. Les travaux du professeur Saunderson, qui était aveugle. montrent que ces représentations peuvent acquérir un haut degré de clarté; mais il eut toujours quelque difficulté à s'orienter : il avait recours à un tableau divisé en carrés, aux angles et au centre desquels il plantait des épingles, dont il reliait les têtes par des fils.

Nous pouvons admettre que pour *tous* les animaux, dont le corps présente comme le corps humain trois directions principales, le système des sensations d'espace est très voisin de celui de l'homme, bien qu'il puisse être très inégalement développé. Le haut et le bas, le devant et le derrière sont différents pour les animaux. Leur droite et leur gauche semblent être équivalentes, mais la symétrie des formes, la symétrie des masses, condition nécessaire d'une locomotion rapide, ne peut nous faire illusion sur leur asymétrie anatomique et physiologique. Cette asymétrie peut être très faible, mais elle est bien mise en évidence par ce fait qu'il y a des animaux symétriques, dont des parents très proches présentent des formes asymétriques frappantes : la limace est symétrique, tandis que l'escargot est asymétrique.

Ici, faisons une considération simple et générale

Digitized by Google

de téléologie. Nous pouvons exciter différents points de la peau d'une grenouille par des gouttes d'acide, et la grenouille répondra à chaque excitation par un mouvement de défense spécial, dépendant de la place excitée. Des excitations qualitativement égales, appliquées à des organes élémentaires différents, et pénétrant dans l'organisme par des chemins différents, provoquent des réactions, qui, à leur tour, par différents organes et par des chemins différents, retournent au milieu qui entoure l'animal. Ce qui est vrai pour le sens du tact est vrai pour tous les autres. A côté des mouvements de défense et de fuite, il y a des mouvements d'attaque, qui se spécialisent suivant la place excitée et suivant l'individualité de l'organe élémentaire touché. La grenouille gobe les mouches, et le poussin, qui sort de sa coquille, va becqueter des grains. Ce qui vient d'être dit est encore applicable à de simples réactions *réflexes*, chez les plantes comme chez les animaux inférieurs. Mais, quand la réaction réflexe doit être modifiée dans un but déterminé, quand la *volonté* doit intervenir, il faut que les excitants soient perçus comme sensations, et laissent des traces dans la *mémoire*.

En fait l'observation personnelle nous permet non seulement de reconnaître la qualité de l'excitation (une brûlure, par exemple), quelle que soit la place sensible excitée, mais encore de savoir quelle est cette place. Ces deux caractères de la sensation déterminent notre mouvement de réaction, et nous pouvons bien admettre que, dans le cas de sen-

Digitized by Google

sations de même qualité, il intervient un élément constitutif différent, qui dépend de la nature spécifique de l'organe élémentaire, de la place excitée ou, comme le dit Hering, du lieu de l'attention. *L'adaptation biologique réciproque la plus parfaite d'une multiplicité d'organes élémentaires se trouve exprimée d'une façon particulièrement nette dans la perception de l'espace.*

Voyons maintenant quelle base physiologique nous pouvons attribuer à la perception de l'espace. La sensation, que fournit un organe élémentaire, dépend en partie de la qualité de l'excitant : nous nommons cette partie de la sensation l'*impression sensorielle*. Une autre partie de la sensation est déterminée seulement par *l'individualité* de l'organe, et varie d'un organe à l'autre sans dépendre de l'excitation : nous l'appelons l'*impression organique*, et nous la considérons comme correspondant à la notion d'espace. Nous admettons que l'impression organique varie d'autant plus que nous avons affaire à des organes de parenté ontogénique plus éloignée.

L'impression organique ne peut se manifester que si l'organe élémentaire est excité, et elle ne change pas quand le même complexe d'organes est excité. On peut dire que l'espace physiologique est un système d'impressions organiques nuancées qui n'existerait pas sans les impressions sensorielles. Mis en jeu par des impressions sensorielles variables, il forme un *registre permanent*, où viennent se placer ces impressons. Les suppositions que nous

Digitized by Google

faisons ici sur les organes élémentaires sont tout à fait analogues à celles qui s'offrent naturellement à nous et que l'expérience vérifie pour des individus de même souche présentant différents degrés de parenté. Ce que nous avons cherché n'est pas à proprement parler une théorie des perceptions d'espace mais une simple description physiologique de ce que nous observons psychologiquement.

Si le système des sensations d'espace doit répondre aux besoins biologiques immédiats, et provoquer des réactions corporelles tendant à la conservation de l'individu, il est impossible de l'imaginer autrement que nous venons de le faire. Tout système de sensations est *fini*, et une série illimitée de qualités ou d'intensités de sensations ne peut même pas être conçue au point de vue physiologique. Il faut aux différents organes du corps, pour accomplir leurs fonctions, une *inégale* sensibilité. De là, la structure particulière de la tache jaune dans la rétine, celle de la peau de la pointe de la langue et du bout des doigts, comparativement à la structure des parties périphériques de la rétine, de la peau du bras et du dos. Il est important pour nous de distinguer, par rapport à notre corps, le haut et le bas, l'avant et l'arrière, la droite et la gauche, le loin et le près. Pour les objets visuels rapprochés, biologiquement plus intéressants, la perception du relief stéréoscopique est bien plus fine que pour les objets éloignés, moins importants. Si, partant de l'espace géométrique, nous avions à construire l'espace

Digitized by Google

physiologique conformément à notre intérêt, nous ne le ferions guère différent de celui qui existe réellement.

Les divergences entre l'espace physiologique et l'espace géométrique ne nous choquent pas, et cela s'explique en considérant de plus près les circonstances où nous vivons. Les sensations d'espace *guident* nos mouvements, mais il n'arrive pas souvent que nous ayons à les étudier en elles-mêmes, et c'est le *but* du mouvement qui a pour l'homme le principal intérêt. Nous faisons d'abord des expériences sur les corps et les distances, et ces premières expériences fixent notre attention et notre intérêt d'une façon presque complète. Si, comme un mollusque au fond de la mer, l'homme gardait toujours la même place et la même orientation, il arriverait difficilement à se représenter l'espace euclidien. Son espace à lui serait à peu près à l'espace euclidien ce que le système cristallin triclinique est au système cubique. Il resterait toujours *anisotrope* et *limité*. Mais, comme nous pouvons déplacer arbitrairement notre corps dans son ensemble, et l'orienter à notre guise, nous jugeons que nous pourrions exécuter les mêmes mouvements en tous lieux et dans toutes les directions. Nous disons alors que, partout et dans toutes les directions, l'espace a la même constitution, et que nous pouvons nous le représenter comme illimité et infini. Des déplacements réguliers et divers changements d'orientation, par exemple une rotation autour d'un axe vertical, donnent lieu à des

Digitized by Google

modifications constantes dans l'espace, et nous voyons intervenir là, avec la régularité, la possibilité de répéter indéfiniment certaines opérations.

Les impressions d'espace, qui déterminent les mouvements des membres isolés, nous guident aussi pour les déplacements de l'ensemble du corps. Le poussin, qui regarde un objet, s'élance vers lui pour le becqueter; l'enfant, voyant un but qu'il ne peut atteindre directement, se traîne vers ce but, puis, un beau jour, se dresse sur ses pieds, et marche vers lui.

La principale difficulté, rencontrée dans l'analyse de l'espace physiologique, vient de ce que, à l'âge où les hommes cultivés commencent à réfléchir sur ce sujet, les représentations scientifiques de la géométrie leur sont déjà familières, et qu'ils les transportent naturellement partout. Il faut que ceux qui étudient cette question cherchent à oublier beaucoup de ce qu'ils ont appris auparavant, et à retrouver la fraîcheur d'impression d'un regard non prévenu.

Certaines excitations amènent, par voie réflexe, des mouvements des membres, et ces mouvements éveillent à leur tour à la périphérie d'autres excitations, qui retournent à l'écorce cérébrale, et produisent des sensations, images des mouvements qui s'y rattachent. Si quelque occasion, une association par exemple, vient raviver ces images, elles tendent à produire à nouveau les mêmes mouvements. Les *points de l'espace* nous sont connus physiologiquement comme buts des

Digitized by Google

différents mouvements, que nous faisons pour saisir, pour regarder, pour marcher, etc. Les images de ces mouvements se rattachent à des régions plus ou moins bien déterminées du cerveau, et s'y localisent. Toutes ces images ne peuvent guère affecter le cerveau entier de la même façon. Cela résulte déjà de l'existence d'une double conduction nerveuse centripète et centrifuge, et peut-être avons-nous le droit de penser que les images des mouvements sont localisées dans l'écorce cérébrale suivant leurs différents buts : les points de l'espace correspondraient alors à des places dans le cerveau, et les diverses sensations d'espace, aux impressions organiques données par ces régions cérébrales. On peut supposer que la conception de l'espace est préparée à l'avance par l'organisation congénitale, mais il reste beaucoup de jeu pour le développement individuel, qui doit varier grandement, suivant qu'il s'agit d'un aveugle ou d'un homme qui jouit de la vue, d'un chasseur, d'un musicien, etc.

L'espace géométrique est, d'une façon abstraite, plus clair, mais l'espace physiologique est plus près de la sensation; aussi, en géométrie, les propriétés de l'espace physiologique interviennent encore beaucoup. Nous distinguons sur nos figures les points plus rapprochés de ceux qui sont plus éloignés, ceux qui sont à droite de ceux qui sont à gauche, ceux qui sont en dessus de ceux qui sont en dessous, bien que l'espace géométrique n'ait rien à voir avec notre corps, et ne s'occupe que des rapports des points entre eux. Parmi les figures géométriques, la droite et le

Digitized by Google

plan se distinguent par leurs propriétés physiologiques, et ce sont les premiers objets de nos recherches géométriques. Leur symétrie attire l'attention du géomètre, et c'est aussi la symétrie qui donne de l'importance à l'angle droit. Des circonstances physiologiques ont également poussé les mathématiciens à étudier la similitude avant d'étudier d'autres propriétés géométriques.

L'emploi des coordonnées cartésiennes affranchit la géométrie de certaines influences physiologiques ; pourtant, nous distinguons encore des coordonnées positives et négatives, suivant qu'elles sont comptées vers la droite ou vers la gauche, vers le haut ou vers le bas. C'est commode et intuitif, mais ce n'est pas nécessaire. L'usage d'un quatrième plan de coordonnées, ou la détermination d'un point par ses distances à quatre autres points, non situés dans un même plan, nous dispense de recourir à des considérations physiologiques en géométrie.

L'espace physiologique reste toujours très différent de l'espace euclidien : on le voit aussi en physique. L'homme arrive assez facilement à faire abstraction de la droite et de la gauche, de l'avant et de l'arrière, mais non du haut et du bas, parce qu'il lui est impossible de se tenir longtemps la tête en bas.

Digitized by Google

CHAPITRE XXI

Le temps physiologique et le temps physique.

Si, en nous éveillant dans un milieu aussi invariable que possible, et sommeillant encore un peu, nous entendons régulièrement sonner l'heure, nous distinguons nettement le second coup du premier, le troisième du second et du premier, etc., bref les coups ultérieurs des coups antérieurs, quoi qu'ils aient tous même intensité, même hauteur, et même timbre. Nous reconnaissons sans hésitation que les coups se suivent à des intervalles de temps réguliers, et nous remarquons immédiatement, sans avoir besoin de recourir à des artifices, toute perturbation se produisant dans leur succession. Nous *ressentons* immédiatement le temps ou la situation dans le temps, comme l'espace ou la situation dans l'espace. Sans cette impression de temps, il n'y aurait pas de chronométrie, comme, sans l'impression d'espace, il n'y aurait pas de géométrie.

Nous reconnaissons l'égalité du rythme dans des mélodies très diverses, qui n'ont en dehors du rythme

Digitized by Google

aucune ressemblance. Il existe donc vraisemblablement des processus physiologiques particuliers, qui servent de base aux impressions de temps. Physiologiquement, certains faits montrent d'une façon frappante que déjà les organes élémentaires contribuent à former la sensation de temps.

Dans les limites de perceptibilité immédiate, c'est-à-dire en écartant, comme cas extrêmes, la vitesse de l'aiguille d'une montre ou celle d'un projectile, la rapidité d'un déplacement ou d'un changement d'intensité n'est pas seulement un objet de mesures mathématiques et physiques.

Entre notre intuition *physiologique* du temps et le temps *chronométrique*, dont nous avons acquis la notion en comparant entre eux des phénomènes physiques, il y a des différences analogues à celles qui séparent l'espace physiologique et l'espace métrique.

Tous deux paraissent *continus;* à une variation continue dans le temps physiologique correspond une variation continue dans le temps physique. Tous deux ne s'écoulent que dans *un* sens. Mais là s'arrêtent les ressemblances. Le temps physique s'écoule tantôt plus vite, tantôt plus lentement que le temps physiologique, c'est-à-dire que tous les phénomènes, qui ont physiquement la même durée, ne nous paraissent pas de même durée à l'observation immédiate. La distinction physique d'un point du temps peut se faire avec une exactitude beaucoup plus grande que la distinction physiologique. Le présent ne nous apparaît pas intuitivement

Digitized by Google

comme un *point* du temps, qui n'a jamais aucune durée, mais comme une *tranche* du temps, d'une durée notable, avec des limites estompées, difficiles à préciser et de temps à autre variables. A proprement parler, c'est à cela que se limite l'intuition du temps, elle n'est complétée que d'une façon insensible par le souvenir du *passé* et par ce que notre imagination nous présente de *l'avenir*, mais le passé et l'avenir nous apparaissent tous deux sous une perspective très raccourcie.

En physique, un rythme qui se répète périodiquement n'est qu'une forme du temps, mais, pour notre intuition de temps, cette forme change avec le moment où notre attention intervient. De même, la forme d'une figure géométrique varie pour l'intuition spatiale d'après l'orientation et le point fixé.

Il n'y a guère lieu de douter aujourd'hui que l'intuition du temps, comme celle de l'espace, soit déterminée par notre constitution héréditaire : nous nous efforcerions en vain de nous affranchir de ces intuitions. En nous plaçant ainsi au point de vue de la théorie nativistique, nous n'affirmons d'ailleurs pas que les intuitions d'espace et de temps soient nettement et complètement développées au moment de la naissance, nous ne renonçons pas à les relier aux besoins biologiques, ni à chercher l'influence de ces besoins sur leur développement phylogénique et ontogénique, dans la race et dans l'individu. Nous pouvons chercher encore la liaison de cette double intuition avec

Digitized by Google

les concepts géométriques et chronométriques. Si les intuitions sont indispensables au développement des concepts, elles sont insuffisantes à elles seules. Il faut, pour compléter la formation des concepts métriques, des expériences concernant les rapports mutuels des corps physiques dans l'espace et les rapports des processus physiques dans le temps.

Cherchons d'abord à mettre en évidence le *rôle biologique* de la sensation de temps. Spencer a remarqué que le développement du sens de temps et du sens d'espace sont solidaires. Un animal, adapté à de simples excitations de contact, mécaniques ou chimiques, réagit sous leur influence, d'une façon immédiate, par une suite de processus successifs, que l'organisme détermine, et sur lesquels l'entourage n'a pas d'influence, et l'animal n'a pas besoin de se représenter d'une façon consciente dans le temps ces phénomènes qui se produisent d'eux-mêmes. Mais il se peut que des actions à distance prennent de l'importance : par exemple, si une proie s'approche, l'animal en est averti par l'odorat, l'ouïe ou la vue ; il éprouve alors le besoin de reproduire dans l'ordre chronologique naturel, et d'une façon consciente, les phénomènes qui accompagnent l'approche de cette proie, car les réactions successives, nécessaires pour arriver à saisir la proie, n'interviendraient pas sans cette reproduction psychique. Une fois la nourriture avalée, les autres phénomènes de la nutrition s'accomplissent sans que l'animal en prenne connaissance. La sensation de

Digitized by Google

temps et la représentation d'espace se développent par l'adaptation de l'individu au milieu temporel et spatial, dans lequel il se trouve placé. L'homme, dont les intérêts sont très étendus dans l'espace et dans le temps, possède la sensation de temps et la représentation d'espace à leur plus haut degré de développement.

Le trait fondamental de nos représentations psychiques est de pouvoir ressembler à l'original au double point de vue non seulement de la qualité des éléments des sensations et de leurs combinaisons, mais aussi de leurs *rapports* et de leur *distribution* dans l'espace et le temps. Ce sont l'exercice et le degré d'attention de l'individu, qui ont la plus grande influence sur la précision atteinte par cette ressemblance. Un individu, même inattentif, ne voit pas dans sa mémoire les maisons avec leur toit en bas; de grands bâtiments ne lui apparaissent pas avec des dimensions lilliputiennes ou avec des cheminées disproportionnées. Pour un morceau de musique, la suite des sons ou du rythme n'est pas renversée par le souvenir, et un adagio ne devient pas un allegro.

Tout cela prouve que, en dehors des éléments que nous appelons impressions sensorielles, il y en a d'autres, qui forment un *fond relativement fixe*, qui sont reproduits en même temps que toute autre reproduction, et qui empêchent que les images du souvenir ne subissent une déformation trop forte dans l'espace et le temps.

Si notre champ psychique dans le temps était

Digitized by Google

étroitement limité au présent, nous ne pourrions percevoir de variations ; notre conscience doit donc toujours embrasser une portion finie du temps. Les sensations ou les représentations, qui se trouvent dans cette portion du temps, sombrent parfois, mais reviennent sur l'eau et peuvent être conçues comme antérieures les unes aux autres. Nous distinguons facilement des événements sensibles du présent les souvenirs plus pâles et fugaces même les plus récents, et, mieux encore, les restes effacés d'un passé plus ancien. Le fil de l'association va des plus vieux souvenirs aux plus récents, et par ceux-ci aux événements dont nous attendons l'apparition, et que l'imagination fait miroiter devant nous.

Numéroter les termes de cette suite de souvenirs avec des noms de nombres ne répond pas, selon moi, à une conception convenable du cours du temps. Nous pouvons le faire tout au plus pour les événements d'un passé éloigné, vus sous une perspective très raccourcie.

Pour comprendre plus facilement la notion d'espace, nous avons admis que tout organe excité, outre l'*impression sensorielle*, déterminée par la qualité de l'excitation, donne encore une *impression organique*, liée d'une façon constante à l'individualité de l'organe. Imaginons que cette dernière impression soit constituée par deux parties, l'une constante, l'autre variable dans le temps avec l'activité de l'organe. Nous ne proposons pas là de théories ou d'explications de l'espace et du temps phy-

Digitized by Google

siologiques, mais cette simple analyse des faits n'est peut-être pas sans utilité.

Le corps de l'homme ou d'un vertébré supérieur présente une température à peu près constante, nécessaire à la conservation de la vie ; habituellement, il existe une différence relativement constante entre la température de l'animal et celle du milieu environnant. Cela suppose, au point de vue physique, une très grande régularité dans le cours des fonctions vitales, qui n'éprouvent que de faibles perturbations quand changent les réactions du milieu. Seuls, les organismes les plus petits et les plus simples peuvent avoir une consommation régulière et un apport régulier de nourriture. Chez les organismes plus grands et plus compliqués, il faut des processus périodiques pour assurer, avec une régularité imparfaite mais suffisante, la conservation des fonctions vitales. L'organisme passe alternativement par le sommeil et l'état de veille ; il a faim, puis il est rassasié. Le sang ne reçoit la quantité d'air qui lui est nécessaire que par les mouvements périodiques de la soufflerie respiratoire, et il n'arrive aux organes que grâce aux mouvements rythmés de la pompe cardiaque. Pour chercher sa nourriture, il faut que l'animal se déplace par des mouvements périodiques de ses extrémités, et la contraction musculaire présente déjà une allure rythmique.

Nous rencontrons partout dans l'organisme des périodes de durées très variables. Si, avec Hering, nous considérons la vie comme un état d'équilibre

Digitized by Google

dynamique entre l'anabolisme et le catabolisme, entre l'assimilation et la désassimilation, ces phénomènes périodiques ne nous surprennent pas plus que les oscillations physiques, qui interviennent forcément partout où un équilibre stable se trouve dérangé, et où l'amortissement n'est pas suffisant pour rendre le phénomène apériodique. Les fonctions organiques tendent à la périodicité : par exemple, notre pas s'adapte à une musique militaire, que nous rencontrons fortuitement.

Les excitations, importantes au point de vue biologique, provoquent des réflexes d'adaptation chez les animaux inférieurs, ou chez les animaux très jeunes. Si l'attention d'un animal plus développé est attirée par une suite de sensations, ses réflexes sont modifiés par l'expérience, et la mémoire intervient. L'action ne peut être séparée de la sensation : l'observation pure est déjà pour l'animal et pour l'homme une coopération muette ; mais l'animal ne sort de son indifférence psychique que pendant la courte durée d'une action volontaire, et ne le fait que grâce à ses sensations, tandis que l'attention de l'homme, au contraire, est assez souvent éveillée par des souvenirs (représentations). Dans ce cas, nous ne laissons pas non plus les images se présenter à nous d'une façon purement passive, mais nous sommes *tacitement actifs*.

La vie psychique plus développée peut présenter une attention plus prolongée, mais cette attention n'est pas constante. Il en est de même quand nous réfléchissons en cherchant à résoudre un problème.

Digitized by Google

Souvent nous croyons entrevoir le résultat cherché, mais, si nous ne réussissons pas à le fixer complètement, il nous échappe, et il nous faut un peu plus tard recommencer une nouvelle tentative.

L'attention subit donc des oscillations. La durée d'une de ces oscillations comporterait plusieurs secondes et s'étendrait à peu près à l'intervalle de temps physique, que nous concevons physiologiquement comme le présent. L'homme ayant adapté ces oscillations au milieu dans lequel il vit, ses réactions peuvent consister en une augmentation de son activité corporelle ou simplement en une observation plus soutenue, mais, quoi qu'il en soit, à chacun de ces moments physiques correspond une phase de l'attention. Admettons que le cours des phases de l'attention soit à peu près régulier du commencement à la fin, et que les impressions de ces phases soient associées aux impressions sensorielles correspondantes : alors la reproduction physique et la reproduction de la représentation se correspondront à peu près dans le cours du temps, et cela répond aux besoins physiologiques.

Cela ne nous aide à comprendre que la reproduction de petits intervalles ; pour de grands intervalles, le fil de l'association suffit, et le souvenir des détails se borne à quelques scènes plus importantes ; s'il n'en était pas ainsi, nos souvenirs nous prendraient le même temps que les événements eux-mêmes, et nous n'aurions plus de temps pour ressentir de nouveaux événements.

La suite des impressions dans le temps devient

Digitized by Google

un *registre*, où prennent place les autres qualités des événements que nous ressentons. Nous apprenons qu'il y a des phénomènes, pulsations, pas, oscillations pendulaires, dont la durée reste la même et qui nous donnent une constitution du temps *physiologique*. Bien que dans certains états normaux ou maladifs de notre corps, sommeil, fièvre, ivresse du haschisch, etc., ces phénomènes semblent avoir une durée différente, les oscillations d'un même pendule ont toujours la même durée quand nous leur appliquons notre attention *normale* à l'état de veille. C'est ainsi que nous arrivons à concevoir un temps qui *s'écoule uniformément*.

Au degré le plus inférieur de la vie, nous ne connaissons que ce qui concerne notre corps, mais quand les besoins, plus complexes, ne peuvent plus être immédiatement satisfaits, l'intérêt indirect, qui entre alors en jeu, dépasse souvent de beaucoup celui de la sensation momentanée. Pour apprécier le cours du temps dans les phénomènes qui se passent autour de nous, la sensation physiologique de temps est trop imprécise.

Nous commençons alors à comparer entre eux des phénomènes physiques, par exemple des oscillations pendulaires avec des mouvements de chute pour des espaces déterminés, ou avec l'angle dont la terre a tourné pendant l'oscillation du pendule. Nous nous rendons compte ainsi que, si deux phénomènes physiques exactement définis, dont le début et la fin coïncident, conservent cette propriété à tout instant, nous pouvons employer comme

Digitized by Google

unité de temps, un processus de ce genre exactement défini. C'est là-dessus que repose la *chronométrie physique*.

On a coutume de transporter instinctivement à l'étalon chronométrique la représentation de la substantialité du temps. Mais il faut bien remarquer qu'en physique cette représentation n'a plus de sens du tout. La mesure nous donne le rapport d'une quantité à l'étalon, mais la définition ne préjuge rien sur l'étalon lui-même. Il faut faire une différence aussi tranchée entre la sensation immédiate d'une durée et le nombre qui la mesure, qu'entre une sensation de chaleur et une température. Chacun a son intuition personnelle du temps, et cette intuition n'est pas transmissible, tandis que les concepts chronométriques sont communs à tous les hommes cultivés et sont transmissibles.

Digitized by Google

CHAPITRE XXII

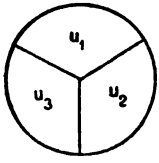
Le Temps et l'Espace en physique.

Au point de vue physiologique, le temps et l'espace sont des systèmes de sensations d'orientation, qui, à côté des sensations proprement dites, mettent en jeu des réactions convenables à l'adaptation biologique. Au point de vue physique, *le temps et l'espace sont des relations particulières des éléments physiques entre eux.* La première preuve en est que les nombres qui mesurent le temps et l'espace interviennent dans toutes les équations de la physique, et que nous acquérons les concepts chronométriques par la comparaison des *phénomènes physiques* entre eux, les concepts géométriques par la comparaison des *corps physiques* entre eux. Nous nous occuperons d'abord du temps en physique.

Pour mettre en évidence, par un exemple simple, la relation *chronométrique* dans toute sa pureté, imaginons un phénomène d'où l'espace soit pour ainsi dire éliminé, parce que ce phénomène ne fait

Digitized by Google

intervenir que des corps ayant dans l'espace les mêmes rapports mutuels. Nous considérerons trois masses égales, de conductibilité calorifique intérieure infiniment grande, ayant toutes trois la même capacité calorifique, chacune d'elles entrant en contact avec les deux autres par une surface infiniment grande de même conductibilité calorifique extérieure. Attribuons à ces masses des températures différentes u_1, u_2, u_3, et étudions comment ces températures varient avec le temps.



Les différences entre les températures ne peuvent que *diminuer* et ne peuvent pas augmenter. Le temps ne s'écoule *que dans un seul sens*. Les écarts avec la moyenne des températures éprouvent *en commun* des variations qui *dépendent* les unes des autres, et qui sont *proportionnelles* entre elles. Ces traits caractéristiques de la dépendance chronométrique sont tout à fait intelligibles. Pour que la recherche scientifique puisse avoir prise sur un phénomène, celui-ci doit nous apparaître comme déterminé par quelque différence. Là où nous ne pouvons atteindre aucune différence, nous ne pouvons pas non plus trouver de détermination. Mais imaginons, pour un instant, que les différences augmentent : nous voyons que cette idée est incompatible avec l'image familière que nous nous faisons du monde, qui ne présente aucune modification *sans but*, mais montre partout une tendance

Digitized by Google

vers un état déterminé. En réalité, il peut arriver que certaines différences augmentent, si le phénomène est accompagné de la diminution d'autres différences *plus importantes*; mais nous n'observons jamais qu'*une* différence augmente spontanément sans une compensation quelconque. Il y a, il est vrai, des phénomènes pour lesquels on peut observer des augmentations aussi bien que des diminutions de différences; ces phénomènes peuvent apparemment se produire dans les deux sens et parfois semblent réellement se dérouler *périodiquement*. Mais, dans ces cas, il ne s'agit jamais de différences non compensées. Si on les considère *exactement*, et non pas seulement d'une façon schématique, on doit penser que ces phénomènes, comme toutes sortes d'oscillations, ne sont pas *purement* périodiques, et qu'ils contiennent toujours des éléments irréversibles.

L'analyse mathématique appliquée à notre exemple nous permet de mettre en évidence « la commensurabilité des variations simultanées ». Ce second trait caractéristique de la dépendance chronométrique est facile à comprendre dans le cas où les corps se touchent immédiatement. Les modifications sont déterminées d'une façon *réciproque* par les différences des corps, puisqu'aucun corps n'a d'avantage sur l'autre, puisque, comme dans notre exemple, *un* corps reçoit ce que *l'autre* perd. Dans les cas où interviennent des relations plus compliquées, nous ne pouvons plus nous attendre à une commensurabilité aussi *simple* des variations

Digitized by Google

simultanées ; pourtant, là aussi, tous les changements marcheront parallèlement entre eux dans l'*homogénéité* de la nature, où nous ne voyons pas de perturbations inattendues venir troubler le cours normal des choses.

Considérons, par exemple, la révolution d'un satellite de Jupiter, et prenons-le comme horloge. Il est difficile d'admettre que son mouvement ait sur les phénomènes terrestres quelque influence notable. Pourtant, un phénomène de refroidissement sur la terre sera aussi bien représenté par la formule Ke^{-kt}, en changeant naturellement les coefficients, que t soit tiré du mouvement du satellite de Jupiter ou du mouvement de la terre. Seulement, si, pendant que nous observons le satellite, sa vitesse venait à changer par suite d'un choc avec un météorite, la formule cesserait d'être exacte, et on verrait bien que la relation du phénomène calorifique avec le mouvement du satellite n'est pas immédiate.

Au lieu de *trois* masses disposées symétriquement dans l'espace, nous aurions pu, d'une façon analogue, en imaginer *quatre*. Il eût suffi de mener six plans par le centre de gravité d'un tétraèdre régulier, chacun d'eux passant par une arête du tétraèdre, et de remplir avec les quatre masses les portions ainsi formées du tétraèdre. Mais une division analogue du cube n'aurait plus été applicable à notre but. Chacune des masses en toucherait alors quatre autres, mais ne serait pas en rapport immédiat avec la cinquième. Nous pour-

Digitized by Google

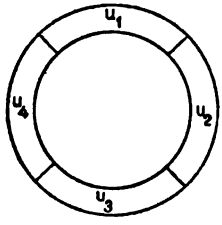
rions toujours conserver la *fiction physique* d'un nombre quelconque de masses symétriquement distribuées au point de vue de la conductibilité, si nous imaginions qu'elles soient reliées deux à deux par un fil de conductibilité calorifique infiniment grande, et qu'elles soient isolées pour le reste. Le *nombre* des masses présentant la même relation immédiate ne modifie pas le résultat de notre étude. Un corps *seul* ne peut déterminer en lui-même aucun changement, mais il suffit déjà de *deux* corps pour produire un changement mutuel.

On pourrait imaginer le changement comme possible dans les deux sens : le besoin d'une détermination *univoque* nous pousse à faire attention, en premier lieu, aux expériences qui décident son sens réel. Ceci fait, et, si c'est la *diminution* de la différence qui se produit, nous cherchons encore à connaître la *part* que chacun des corps prend à l'égalisation des températures. Les variations simultanées de température sont, par exemple, inversement proportionnelles aux capacités calorifiques, de sorte que deux corps tendent en même temps vers une *moyenne composée* de températures. Dans d'autres cas, nous trouvons des règles analogues. Nous pouvons dire que *ce sont les relations physiques immédiates les plus simples, qui s'expriment par des rapports de temps.*

Nous allons maintenant modifier notre exemple, de manière à exprimer *de la façon la plus simple*, à côté de la relation chronométrique, l'influence

Digitized by Google

d'une relation *spatiale* particulière. Imaginons quatre masses égales formant un anneau continu; il n'y a ici que deux relations différentes dans l'espace : celle des masses qui se touchent, et celle des masses qui sont opposées et ne se touchent pas.



La disposition régulière des quatre masses en un anneau correspond au cas le plus simple d'un espace de Riemann linéaire, fini, fermé et composé de quatre éléments distincts. La forme annulaire a l'avantage d'offrir une plus grande clarté par l'emploi des permutations circulaires.

Sans rien changer d'essentiel au résultat, nous aurions pu, au lieu de quatre masses, en considérer cent, ou imaginer, comme l'a fait Fourier, un anneau homogène présentant, au début, une distribution continue de température. Nous obtenons un espace de Riemann à deux dimensions en remplissant une coque sphérique mince avec les masses en nombre quelconque, qui y sont distribuées. La fiction de communications conductrices convenables nous permettrait encore d'imiter, au point de vue de leurs conséquences physiques, d'autres dispositions dans l'espace. Le résultat de nos considérations resterait toujours le même. L'influence des relations physiques indirectes se manifeste plus tard; elle est masquée par les relations immédiates, ou par les relations

Digitized by Google

indirectes comportant un nombre moindre d'intermédiaires. *Les relations physiques indirectes s'expriment par des rapports d'espace.*

Comment s'accorde maintenant avec les idées, qui ont cours, cette manière de voir, qui, sans résoudre la question de l'espace, constitue peut-être un petit pas de nature à l'éclairer? Pour se représenter avec quelles difficultés s'est formé le concept d'espace, on ne saurait mieux faire qu'étudier le quatrième livre de la *Physique* d'Aristote. Aristote est très occupé par les questions de savoir si l'espace *existe ou non*, *comment* il est, et *ce* qu'il est. Il ne peut concevoir l'espace comme un corps, car « ce serait mettre un corps dans l'autre »; mais il ne peut séparer l'espace des corps, car la place d'un corps est, pour lui, ce qui limite ce corps, ce qui l'enferme. Aristote met en évidence qu'on ne poserait pas de questions sur l'espace, s'il n'y avait pas de mouvement. Toutes les difficultés de la conception de l'espace se retrouvent dans les explications qu'il donne du mouvement.

On comprend naturellement qu'il soit impossible d'imaginer le vide, si on confond la notion d'espace avec la notion de corps; cette opinion était partagée par Aristote et par beaucoup d'autres penseurs anciens.

Ceux qui admettaient un vide comme Leucippe, Démocrite, Épicure, et d'autres, avaient ainsi des idées très voisines des nôtres. L'espace était pour eux une sorte de vase, pouvant être rempli ou non. En fait, on doit forcément être conduit à cette

Digitized by Google

notion par la géométrie, qui fait abstraction de toutes les propriétés des corps, sauf de leur limitation solide. Ce développement se trouve confirmé par l'observation naïve et sensible du mouvement des corps dans un milieu transparent, peu dense, comme l'air, qui, à l'occasion, peut être considéré comme un rien, comme un vide.

Même jusque dans les temps modernes, on ne pouvait imaginer l'existence du vide. Descartes est encore si convaincu de cette impossibilité que, selon lui, les parois d'un vase, que l'on pourrait complètement vider, devraient immédiatement venir en contact. Nous savons quelle peine Guericke, Boyle et Pascal, ont eue à prouver d'une manière convaincante à leurs contemporains l'existence de ce vide qui était proscrit. Ce n'était d'ailleurs pas le vide au sens que donne au mot la physique actuelle. Après avoir parlé des idées des anciens et des modernes sur l'espace, le temps et le vide, Guericke dit : *Verum enim vero vacuum in natura dari, lib. seq. pluribus demonstrabimus experimentis.* Plus loin, Guericke réfute en détail les objections faites à l'existence du vide, et les critiques opposées à ses expériences. Il avait été conduit à ses recherches par des études philosophiques, et souvent, en contemplant l'immensité des espaces célestes, il s'était demandé s'ils n'étaient pas eux-mêmes le vide constamment nié.

La preuve de l'existence du *vide* a certainement beaucoup contribué à la *formation de nos idées sur l'espace*, mais d'autres circonstances sont interve-

Digitized by Google

nues aussi. Galilée avait trouvé les lois de la dynamique en observant des mouvements à la surface de la terre. Grand partisan du système de Copernic, il eut souvent l'occasion de discuter, en se plaçant au point de vue de sa dynamique, les objections opposées à ce système. Par là, il fut conduit spontanément, et, comme sans le remarquer, à tenter de rattacher cette dynamique au *ciel des étoiles fixes*, au lieu de la rattacher à la terre. C'est ainsi par exemple qu'il édifia sa théorie des marées, pour défendre le système de Copernic, qu'il croyait exact simplement parce qu'il ne lui était pas possible d'en reconnaître les défauts. La mécanique céleste, édifiée par Newton sur les bases que Galilée et Huyghens avaient posées, rendait indispensable le nouveau système de *relations* qui s'y vérifiait. Newton reconnut que l'hypothèse des forces de gravitation, fonctions de la *distance*, était féconde pour la mécanique céleste.

Si on réfléchit que, pour la mécanique de Newton, basée sur la gravitation, le ciel des étoiles fixes lui-même, ne pouvait plus être un système solide immobile, absolument invariable, on comprend dans une certaine mesure sa tentative audacieuse de ramener toute la dynamique à un espace *absolu* et à un temps *absolu*. Pratiquement, cette hypothèse qui aujourd'hui nous paraît dépourvue de sens, ne changeait rien au ciel des étoiles fixes pour les coordonnées dans l'espace et le temps. C'est pour cela qu'elle ne fut pas gênante, et qu'elle échappa longtemps à toute critique sévère. C'est

Digitized by Google

surtout depuis Newton, on peut bien le dire, que le temps et l'espace sont devenus les êtres indépendants et pourtant *sans corps*, que l'on admet aujourd'hui.

L'idée newtonienne des forces à distance rendit possible, au cours d'un siècle, l'édification d'une physique mathématique homogène. Cela supposait une grande perspicacité intellectuelle. Newton vit que les accélérations à distance existaient réellement, et reconnut leur importance. Les intermédiaires s'évanouirent à ses yeux, et il les négligea provisoirement. Mais les plus petits détails doivent aussi être étudiés, et il faut y regarder d'un peu plus près. Au lieu d'envisager ce qui est grand et vaste, il faut s'attacher à ce qui est proche et petit. Les plus grands savants, et Newton surtout, possèdent ces deux modes d'examen. Les questions laissées de côté par Newton, *actions de voisinage*, *actions à distance transmises de proche en proche*, ont été, au siècle dernier, traitées avec le plus grand succès par Faraday, dont les idées ne purent être comprises des savants imbus d'actions à distance que quand Maxwell les eut traduites dans la langue qui leur était familière.

L'observation naïve montre immédiatement que les éléments sensibles d'*un* point de l'espace et du temps sont étroitement liés entre eux, que l'on entende espace et temps au sens physiologique ou au sens physique de ces mots. Nous nommons cette liaison un *corps*. Si loin que dans nos observations nous puissions pousser la division d'une

Digitized by Google

région de l'espace et du temps en petites parties, nous retrouvons, plus étroite encore dans ces petites parties, la dépendance des éléments sensibles : les parties des corps sont à leur tour des corps. En général, les modifications ne prennent pas tout un corps à la fois, mais en atteignent successivement une partie après l'autre, par exemple, une partie d'un corps après une autre se dissout, s'échauffe, etc.

La chose est si naturelle que nous tenons pour de pures apparences les cas d'exception, et que nous espérons ramener les modifications soudaines de tout un corps (p. ex. l'électrisation, et les actions à distance, lumière, gravitation) à une modification progressive se propageant de proche en proche. Les grands résultats obtenus par Faraday ont redonné de l'importance à cette conception naïve, dont le monde antique était proche. Au point de vue de Faraday, on comprend facilement la proposition : la dépendance *dans le temps* est une dépendance immédiate, la dépendance *dans l'espace* est une dépendance médiate.

Alors, de ce point de vue, s'ouvre la perspective d'arriver à une compréhension *physique* du temps et de l'espace, et de les concevoir à partir des faits physiques les plus élémentaires. Pour Newton, le temps et l'espace sont quelque chose d'*hyperphysique*. Ils sont des *variables primitives* indépendantes, non immédiatement accessibles, d'après lesquelles le monde se dirige et par lesquelles il est régi. De même que l'espace règle le mouvement

Digitized by Google

des planètes les plus éloignées autour du soleil, de même le temps maintient en *concordance* les mouvements célestes les plus lointains et les phénomènes terrestres les plus insignifiants. Par cette conception, le monde devient un *organisme*, ou, si on préfère, une *machine*, dont toutes les parties se dirigent en parfaite harmonie d'après le mouvement de l'*une* d'entre elles, et semblent, dans une certaine mesure, guidées par *une* volonté unique; mais, cependant, le but de ce mouvement nous demeure inconnu. Cette manière de voir, qui nous vient de Newton, est encore à la base de la physique moderne, quoique peut-être on soit peu enclin à l'avouer franchement; mais elle devra se modifier selon le point de vue de Faraday. Le monde ne demeure un tout que si aucun élément n'est *isolé*, et que si toutes ses parties dépendent les unes des autres, sinon immédiatement, au moins par des *intermédiaires*. L'accord entre les parties qui ne sont pas immédiatement liées (l'unité de temps et l'unité d'espace) ne s'obtient qu'en *apparence*, quand on néglige les chaînons intermédiaires. Si le but du mouvement du monde nous demeure inconnu, c'est seulement parce que la portion que nous en pouvons observer a des limites étroites, que notre science ne dépasse pas. Cette vue, moins poétique et moins grandiose, est par cela même plus simple et plus raisonnable.

Les progrès réalisés dans la connaissance du vide ont été favorables à la conception physique de l'espace. A proprement parler, le vide n'a pour

Digitized by Google

Guericke que des propriétés *négatives*. Déjà l'air ne montre immédiatement à l'observateur naïf que des propriétés négatives. On ne le voit pas, et on ne peut le sentir par le toucher que s'il est en mouvement, ce qui permet aussi d'apprécier sa température. En l'enfermant dans une outre ou dans un vase, on peut constater qu'il est impénétrable et pesant. Plus tard encore, on parvient à le voir et finalement on lui reconnaît tous les caractères d'un *corps*. Il en est de même du vide. Il n'a d'abord *aucune* propriété physique, puis Boyle montre qu'il n'empêche ni l'action d'une lentille convergente, ni celle d'un aimant. Après Young et Fresnel, il faut admettre que, dans le vide où se propage la lumière, *les mêmes* états physiques se retrouvent à de très petites distances, et on doit se représenter ces états physiques comme se propageant avec une très grande vitesse dans la direction de la lumière. Les travaux de Faraday, Maxwell, Hertz, etc., ont établi l'existence dans le vide de forces électriques et magnétiques tellement liées, que toute variation de l'une éveille l'apparition de l'autre à la même place. D'une façon immédiate, nous ne pouvons en général rien percevoir de ces forces, sauf dans le cas d'une modification périodique extrêmement rapide qui se manifeste à nous comme lumière. Mais, par des artifices, il est très facile de prouver l'existence de ces forces, et leur absence complète constitue un cas d'exception très rare. Donc, en aucune façon le vide n'est un *rien;* il a au contraire des propriétés

Digitized by Google

physiques très importantes. On peut appeler le vide un *corps* (éther), cela n'a pas d'importance, mais il n'est pas possible de lui contester des propriétés variables et dépendant les unes des autres, qui lui sont attachées *comme aux corps*.

Lobatschefskij remarque que, dans toute mesure, on emploie des corps, et que, pour édifier les concepts géométriques, il faut partir des corps. « Le *contact* constitue le signe distinctif des corps; c'est à lui qu'ils doivent le nom de corps géométriques, dès que nous leur attribuons cette propriété d'une façon fixe, en négligeant toutes leurs autres propriétés, essentielles ou accidentelles ». Ce passage laisse à désirer pour la précision du langage, mais on peut admettre qu'il est question ici de l'impénétrabilité et de la solidité, qui se manifestent par le contact des corps, et qui sont à la base de toute mesure. Sur ce sujet, les choses n'en sont plus au même point qu'au commencement du XIXe siècle. Il est vrai que nous employons toujours des corps solides pour construire nos appareils, mais, grâce aux interférences de la lumière, nous pouvons, dans un vide qui, en apparence, ne présente pas de points de repère, marquer des points et des traits, et mesurer des distances en longueurs d'onde, d'une façon beaucoup plus exacte que nous ne pourrions le faire à l'aide de corps solides se heurtant et se touchant. Il est même vraisemblable que c'est une vibration lumineuse dans le vide qui donnera aux physiciens de l'avenir l'unité de longueur par sa longueur d'onde, l'unité de temps par

Digitized by Google

sa période, et que ces deux unités fondamentales surpasseront toutes les autres, en ce qu'elles seront plus convenables, et plus universellement comparables.

Nous attribuons à l'espace trois dimensions, et notre géométrie considère ces trois dimensions comme équivalentes et l'espace comme isotrope. En fait, si on ne s'attache qu'à l'impénétrabilité des corps, il n'y a aucune différence entre les directions. Mais si on considère la géométrie comme une science physique, on peut se demander s'il convient toujours de garder cette conception, et le *calcul des vecteurs* nous force déjà à tenir compte de la non-équivalence des directions.

Un corps amorphe, un corps cristallisé dans le système cubique, ne présentent pas de différences suivant diverses directions. Mais pour un corps du système triclinique, ou pour un élément de corps, où passe un courant d'induction, et qui se trouve ainsi entouré de lignes de force ayant un sens déterminé, les trois dimensions ne sont pas équivalentes. Il semble ainsi que si nous admettons l'équivalence des dimensions, cela tient à ce que leur non-équivalence disparaît dans des cas particuliers plus simples et fréquents. Physiologiquement, les dimensions ne sont pas équivalentes, sans quoi nous ne pourrions pas les distinguer du tout. Peut-être cette anisotropie se trouve-t-elle déjà dans les organes élémentaires qui composent notre corps. Nous pouvons nous servir de notre corps pour orienter certains phénomènes physi-

Digitized by Google

ques, comme la règle du bonhomme d'Ampère et d'autres règles analogues permettent de le faire avec succès en électrodynamique : cela indique un lien très profond entre le milieu physique et notre constitution physiologique, une *anisotropie commune à l'un et à l'autre.*

Les intuitions de temps et d'espace forment les bases les plus importantes de notre conception du monde sensible, et, comme telles, ne doivent pas être mises de côté. Mais cela ne nous empêche pas de chercher à ramener la variété des qualités de situation dans l'espace à une variété physiologique. D'après des considérations exposées ailleurs, nous devrions songer à un système de quatre qualités (processus) chimiques mélangées en toutes proportions. Si quelque jour une tentative de ce genre réussissait, on serait amené à la question de savoir si l'espace physique n'est pas réductible à des concepts de qualité et de grandeur.

Il faut encore mentionner ici que le temps et l'espace ne représentent, au point de vue physiologique, qu'un continu apparent, qu'ils se composent très vraisemblablement d'éléments discontinus, mais qu'on ne peut distinguer nettement les uns des autres. Jusqu'où, en ce qui concerne le temps et l'espace, l'hypothèse de la continuité pourra-t-elle être maintenue? Pure question d'opportunité et d'accord avec l'expérience.

Ce ne sont là que des germes de pensées, auxquels je dois me borner, sans pouvoir dire encore s'ils sont susceptibles de développement.

Digitized by Google

CHAPITRE XXIII

Sens et valeur des lois scientifiques.

On parle souvent des *lois scientifiques*. Quel est le sens de cette expression? On croit d'ordinaire que les lois de la nature sont, comme les lois civiles, auxquelles doivent se conformer les citoyens, des règles d'après lesquelles doivent se produire les phénomènes naturels. Mais les lois civiles peuvent être transgressées, tandis qu'on tient pour impossible que les phénomènes ne se produisent pas selon les lois de la nature. Cette *conception* se trouve, d'ailleurs, *ébranlée*, si nous réfléchissons que ces lois naturelles sont déchiffrées par nous, et que, en les tirant par abstraction des phénomènes eux-mêmes, nous ne sommes pas sûrs de ne pas nous tromper. Si nous constatons une infraction à ces lois, elle s'explique naturellement par une conception erronée de notre part, et l'idée que nous nous faisons de leur inviolabilité perd son sens et sa valeur.

En nous attachant au côté subjectif de notre conception de la nature, nous arrivons facilement

Digitized by Google

à comprendre que, *seuls*, nos concepts et notre intuition *prescrivent* des lois à la nature.

Mais considérons, sans rien préjuger, le *développement* de la science : nous voyons que, à ses débuts, l'homme dirige d'abord son attention sur les côtés des phénomènes qui ont pour lui une importance biologique immédiate. Plus tard seulement, il s'intéresse aussi aux côtés des phénomènes, dont l'importance biologique n'est pas immédiate. Si l'on fait ces réflexions, on reconnaîtra peut-être que, *d'après leur origine, les lois naturelles sont des restrictions que, conduits par l'expérience, nous prescrivons à notre attente des phénomènes.*

K. Pearson, dont les vues sont très voisines des miennes, s'exprime, sur ces questions, de la façon suivante : « La loi civile implique un commandement et un devoir ; la loi scientifique est une description, non une prescription. La loi civile n'est valable que pour *une communauté déterminée*, à *une époque déterminée ;* la loi scientifique s'applique à *tous* les êtres humains normaux, et ne peut être modifiée, tant que leurs facultés de perception gardent le même degré de développement. Pour Austin, cependant, et pour d'autres philosophes, la loi de la nature n'était pas la formule mentale, mais la suite répétée des perceptions. Les perceptions de cette suite répétée étaient projetées en dehors d'elles-mêmes, et considérées comme une partie d'un monde extérieur, indépendant de l'homme. Au sens littéral du mot, sens malheureusement beaucoup trop large aujourd'hui, la loi

Digitized by Google

naturelle existerait avant d'être reconnue par l'homme ».

Au lieu du mot *description*, au sujet duquel Mill et Whewell ont déjà *discuté*, et qui, depuis Kirchhoff, a pris droit de cité, je proposerais l'expression *restriction de l'attente*, pour indiquer la signification biologique des lois de la nature.

Que nous la *considérions comme une restriction de l'action*, comme un *guide* invariable *de ce qui* se passe dans la nature, ou comme un indicateur pour notre représentation et notre pensée, qui complète à l'avance les événements, une loi est toujours une limitation des possibilités.

Galilée et Kepler se représentent les diverses possibilités de la chute des corps ou du mouvement des planètes. Ils cherchent à deviner celles qui correspondent aux observations. Ils limitent leurs représentations en les rattachant à l'observation, et donnent à celle-ci une forme plus déterminée. Le principe de l'inertie, d'après lequel un corps, qui n'est plus soumis à des forces, a un mouvement rectiligne et uniforme, choisit parmi des possibilités en nombre infini la possibilité unique, qui sert de règle. La conception de Lange, pour le mouvement d'inertie d'un système de masses libres, présente ce mouvement comme le choix d'un mode *unique* de mouvements entre des possibilités cinématiques innombrables.

Il y a déjà une restriction des possibilités, en ce qu'on peut classifier un domaine de faits et édifier des concepts correspondant à ces classes. Une loi

Digitized by Google

ne s'exprime pas, forcément, sous forme de théorème. L'application du concept de masses est soumise à la restriction suivante : deux corps qui, comparés à un troisième, se comportent comme deux masses égales, se comportent de même, si on les compare directement l'un à l'autre.

Dans des circonstances données, il faut, pour tous les êtres vivants, pourvus de mémoire, que leur *attente* soit de nature à assurer leur *conservation*. Aux besoins biologiques immédiats les plus simples correspond l'organisation psychique instinctive, qui, au milieu du grand nombre des cas, organise des fonctions appropriées à l'aide du mécanisme de l'association. Mais, souvent, les conditions de l'existence sont plus compliquées, et, seuls, de longs détours peuvent répondre aux besoins de la vie ; il faut alors une vie psychique plus richement douée, et les différentes parties de ces détours prennent pour nous un intérêt indirect, ainsi que les *circonstances* elles-mêmes, dans lesquelles ils se présentent. L'intérêt scientifique peut être considéré comme un intérêt indirect, se rapportant à une partie de l'un de ces détours. Un cas donné peut présenter un intérêt biologique immédiat, plus ou moins grand ; seule, une prévision *exacte*, *adaptée* aux circonstances, répond toujours à notre besoin.

D'ailleurs, en ce qui concerne la justesse de notre attente, nous avons, suivant les cas, des exigences très différentes. Nous avons faim, et nous trouvons de la nourriture là où les circons-

Digitized by Google

tances nous le faisaient supposer ; cela suffit, et nous sommes satisfaits de l'exactitude de notre prévision. D'après l'inclinaison du canon, le poids du projectile et la charge de poudre, nous avons prévu une certaine portée ; la trajectoire réelle ne diffère pas sensiblement de celle que nous attendions ; et cependant, nous pouvons avoir, pratiquement, une notable et sensible déception. Si nous devons parvenir à un but par un chemin assez long, en faisant un grand nombre de pas, une erreur minime, commise sur la mesure de la grandeur et de la direction des pas pris isolément, peut être suffisante pour nous faire manquer le but. Ainsi de petites fautes, entachant plusieurs nombres qui entrent dans un calcul, peuvent fausser notablement le résultat final[1].

La science est faite de ces pas intermédiaires qui trouvent leur application dans la théorie ou dans la pratique (technique), et elle détermine à partir des circonstances données des prévisions particulièrement *exactes*.

Les progrès de la science amènent en fait une *restriction* croissante *dans l'attente :* celle-ci devient de plus en plus définie. Les premières restrictions sont qualitatives. Il importe peu que les éléments A, B, C, qui déterminent une prévision M puissent être scientifiquement désignés tout d'un coup dans une proposition, ou que l'on

1. J.-R. Mayer, en partant de nombres qui n'étaient pas très inexacts, trouva pour l'équivalent mécanique de la chaleur 365 au lieu de 425.

Digitized by Google

doive les trouver l'un après l'autre comme dans les tableaux de botanique ou de chimie analytique. Si, dans des cas pareils au point de vue qualitatif, on peut distinguer les qualités individuelles d'après la quantité, de façon à faire correspondre à tout complexe quantitativement déterminé de ces qualités A, B, C, une prévision M, quantitativement déterminée elle aussi, la restriction obtenue est plus complète et sa précision n'est limitée que par l'exactitude, que peuvent comporter la mesure et l'observation.

Ici aussi, la restriction peut se faire tout d'un coup ou progressivement. On est dans ce dernier cas quand une restriction est rendue plus serrée, pour un champ plus petit, par une détermination complémentaire. Dans un polygone plan, rectiligne, convexe, la somme des angles intérieurs est $(n - 2)$ 2 droits pour l'espace euclidien. Pour le triangle ($n = 3$) elle devient égale à 2 droits, et, quand on se donne deux quelconques des angles du triangle, le troisième est déterminé. Cette relation étroite repose ainsi sur une série de conditions qui dépendent les unes des autres, ou dont quelques-unes ne font que déterminer plus strictement le sens des autres.

Il en est de même en physique. L'équation: $\frac{p\,v}{T} = constante$ est valable pour un corps gazeux de masse invariable, présentant en tous ses points les mêmes valeurs pour T, v et p, et suffisamment éloigné des conditions de sa liquéfaction. — La loi de

Digitized by Google

la réfraction impose une relation $\sin \alpha = n \sin \beta$, qu'on rendra encore plus étroite en la rapportant à un groupe déterminé de deux corps homogènes ayant une température déterminée, les potentiels électrique et magnétique ayant une valeur constante en tout point de ces deux corps.

Quand nous rapportons une loi physique à une *substance* déterminée, cela signifie que la loi est valable pour un espace, dans lequel les réactions connues de cette substance peuvent être mises en évidence. Le seul *nom* de la substance couvre et masque généralement les conditions complémentaires. Les lois physiques, qui sont valables pour l'espace vide (le vide, l'éther), ne se rapportent, elles aussi, qu'à des valeurs déterminées des constantes électriques et magnétiques. En appliquant une proposition à une substance, nous introduisons d'autres déterminations (équations de conditions), tout comme si nous disons ou si nous entendons tacitement qu'un théorème de géométrie est valable pour un triangle, un parallélogramme ou un losange.

Si nous trouvons, un jour, une loi en défaut dans des circonstances, où jusqu'alors nous l'avions trouvée applicable, nous sommes incités à chercher pour cette loi quelque condition complémentaire *encore inconnue*. La découverte de cette condition est toujours chose importante. C'est ainsi que l'électricité et le magnétisme furent découverts par l'attraction et la répulsion réciproques de corps, qu'on avait auparavant l'habitude

Digitized by Google

de regarder comme inertes les uns à l'égard des autres. Ce qui constitue une proposition géométrique, comme aussi une proposition physique, ce sont à la fois l'hypothèse exprimée et les conditions tacitement admises. Il sera toujours bon de s'attendre à voir intervenir des conditions *encore inconnues*, qui nous ont échappé jusqu'à présent.

D'après notre conception, les lois de la nature sont un produit du besoin *psychologique* que nous avons de retrouver notre chemin dans la nature, de ne pas rester étrangers et embarrassés devant les phénomènes. Cela se voit nettement dans les *motifs* de ces lois, qui répondent toujours à ce besoin, et aussi à l'état actuel, quel qu'il soit, de la *civilisation*. Les premières tentatives d'orientation grossière sont mythologiques, démonologiques et poétiques. Au temps de la renaissance des sciences, dans la période de Copernic-Galilée, on cherche une orientation provisoire, surtout qualitative; on se laisse surtout guider par la *facilité*, l'*harmonie* et la *beauté*, quand on cherche des règles permettant de rétablir les faits par la pensée. La recherche quantitative plus exacte a pour but une détermination aussi complète que possible, une *détermination univoque*, comme on le voit déjà dans l'histoire du premier développement de la mécanique générale. A mesure que les connaissances de détail s'accumulent, on ressent plus fortement le besoin de diminuer l'effort psychique, le besoin d'*économie*, de continuité, d'uniformité, le besoin de règles, dont l'application soit aussi générale que

Digitized by Google

possible. Il suffit de rappeler l'histoire du développement de la mécanique et de toute partie de la physique ayant fait beaucoup de progrès.

Alors que la théorie de la connaissance ne possédait qu'une critique moins aiguisée, il était naturel de projeter les motifs psychologiques dans la nature et de les lui attribuer. Dieu et la nature tendent vers l'unité et la beauté, puis vers une régularité et une détermination plus stricte, et enfin vers l'épargne et l'économie dans tous les phénomènes, pour obtenir tous les effets avec la moindre dépense. Dans les temps modernes, Fresnel attribue encore à la nature la tendance à obtenir beaucoup par les moyens les plus simples, quand il défend, contre la théorie plus ancienne de l'émission, la possibilité d'appliquer universellement la théorie des ondes. « La première hypothèse a l'avantage de conduire à des conséquences plus évidentes, parce que l'analyse mécanique s'y applique plus aisément : la seconde, au contraire, présente sous ce rapport de grandes difficultés. Mais dans le choix d'un système, on ne doit avoir égard qu'à la simplicité des hypothèses ; celle des calculs ne peut être d'aucun poids dans la balance des probabilités. La nature ne s'est pas embarrassée des difficultés d'analyse ; elle n'a évité que la complication des moyens. Elle paraît s'être proposé de faire beaucoup avec peu : c'est un principe que le perfectionnement des sciences physiques appuie sans cesse de preuves nouvelles » (Fresnel).

La précision des lois naturelles va en augmen-

Digitized by Google

tant, et la restriction progressive de notre attente correspond à une adaptation plus exacte des pensées aux faits. Naturellement, il n'est pas possible d'obtenir une adaptation parfaite à tous les différents faits, qui se produiront dans l'avenir et que nous ne pouvons calculer. Pour appliquer d'une façon simple, *aussi générale que possible*, les lois de la nature aux faits réels concrets, nous devons recourir à l'*abstraction*, à la *simplification*, à la *schématisation*; nous *idéalisons* les faits, nous les décomposons dans notre esprit en éléments simples, qui, rassemblés par la pensée, nous permettent de reconstruire avec une exactitude suffisante les faits donnés. Comme exemples d'éléments ainsi idéalisés, qu'on ne rencontrera jamais absolument réalisés dans la nature, on peut citer les mouvements uniformes et uniformément accélérés, les courants thermiques et électriques stationnaires (invariables), et les courants d'intensité uniformément croissante ou décroissante. Mais c'est à partir de tels éléments que nous pourrons en pensée reconstituer, d'une façon suffisamment exacte, tels mouvements ou tels courants variables que nous voudrons. Ce sont ces éléments qui rendent pratique l'application des lois naturelles. Cela se voit dans les *équations différentielles* de la physique.

Nos lois scientifiques forment ainsi une série de théorèmes tout préparés pour les applications et convenablement choisis pour cet usage. La science peut être considérée comme une sorte de *collection*

Digitized by Google

d'instruments nous permettant de compléter par la pensée des faits, qui ne nous sont donnés qu'en partie, ou de limiter autant que possible notre attente dans des cas qui s'offriront à l'avenir.

Les faits *ne sont pas forcés* de suivre nos pensées; mais nos pensées, nos *attentes* se dirigent d'après d'autres pensées, notamment d'après les concepts, que nous avons formés sur les faits. L'attente instinctive d'un fait a beaucoup de latitude. Mais supposons qu'un fait corresponde exactement à nos idées, à nos concepts simples, alors notre attente, conforme à nos idées, sera, elle aussi, exactement déterminée. Une proposition scientifique n'a jamais que le sens *hypothétique* suivant : *Si* le fait A correspond exactement aux concepts M, la conséquence B correspond exactement aux concepts N; B correspond *aussi exactement* à N *que* A à M.

Dans les sciences, ce n'est pas dans la réalité sensible, c'est seulement dans la théorie qu'il faut chercher l'exactitude absolue, la détermination univoque absolument exacte des suites d'une hypothèse. Tout le progrès tend à mouler de plus en plus étroitement la théorie sur la réalité. Quand nous avons observé, même quantitativement la réfraction pour deux milieux réfringents et que nous voulons prévoir le rayon réfracté correspondant à un rayon incident déterminé, il faut laisser à notre attente une certaine marge pour l'inexactitude de l'observation et de la mesure. C'est seulement quand nous avons fixé la loi de la réfraction et choisi *une* va-

Digitized by Google

leur de l'indice, qu'*un seul* rayon réfracté correspond à *un* rayon incident.

On a déjà dit souvent combien il était important d'établir une distinction nette entre concepts et lois, d'une part, et faits, de l'autre. Le cas d'Œrstedt (courant et aiguille dans un plan) serait absolument symétrique, d'après les idées ayant cours avant Œrstedt, et, en réalité, ce cas se montre dissymétrique. La lumière polarisée circulairement se comporte, en mainte circonstance, comme de la lumière non polarisée. Seule une étude précise nous révèle sa « dissymétrie hélicoïdale » double, et nous force à représenter les faits par de nouveaux concepts, les désignant d'une façon *plus complète*.

Quand nos représentations de la nature sont dominées par des concepts, que nous tenons pour suffisants, et quand nous avons, en conséquence, pris l'habitude d'attendre une détermination univoque, nous en arrivons facilement à appliquer, même dans le sens *négatif*, la notion de détermination univoque. Si un certain résultat, un mouvement, par exemple, ne se trouve pas déterminé d'une façon univoque, nous nous attendons à ce qu'il ne se produise pas : par exemple, nous prévoyons qu'il y a équilibre dans le cas de trois forces égales appliquées au même point et faisant entre elles des angles de 120 degrés. Si le principe de raison suffisante, appliqué sous cette forme, ne nous conduit pas à des erreurs, nous pouvons être sûrs que *toutes* les circonstances qui interviennent sont *connues*.

Digitized by Google

Seule correspond à l'*idéal de la détermination univoque* une théorie, qui représente, d'une façon *plus simple et plus exacte* que ne peut le faire l'observation, les faits observés, toujours compliqués et influencés par des circonstances accessoires multiples. Cette précision de la théorie nous permet d'en tirer, par des déductions successives de même espèce, ou, par des déductions d'espèces différentes combinées entre elles, des conséquences lointaines, dont l'accord avec cette théorie est assuré. Le plus souvent, à cause de l'accumulation possible des écarts, l'accord ou le désaccord de la théorie avec l'expérience nous montre, d'une manière beaucoup *plus précise* que la comparaison des principes avec les faits observés, si la théorie est exacte ou si elle a besoin de retouches. Qu'on pense aux principes fondamentaux de la mécanique newtonienne et aux conséquences astronomiques qui s'en déduisent.

Les propositions de la théorie ont des formes *générales*, qui se répètent souvent. Ces formes deviennent compréhensibles, si on les envisage par rapport à notre besoin de détermination et spécialement de détermination univoque. Tout y gagne en clarté et en lucidité. Pour le physicien, quelques remarques suffisent. Des *différences* physiques déterminent tout ce qui se passe, et, dans la portion de phénomènes que nous avons sous les yeux, c'est la diminution des différences qui l'emporte. Quand un grand nombre de différences de même espèce agissent simultanément pour déterminer ce qui se passe en un point, c'est la *moyenne* de ces diffé-

Digitized by Google

rences qui intervient. En statique, en dynamique, en chaleur, en électricité, etc., on peut appliquer les équations de Laplace et de Poisson, qui expriment, la première que cette moyenne déterminante a une valeur nulle, la seconde, qu'elle a une valeur quelconque. Des différences, symétriques par rapport à un point, déterminent en ce point un processus symétrique, et, dans certains cas particuliers de symétrie multiple, il ne se produit rien. Les fonctions conjuguées qui représentent les familles de courbes orthogonales, lignes de niveau et lignes de force correspondantes, ou lignes de niveau et lignes de courant, etc., déterminent, dans les cas où on les applique, une certaine *symétrie* pour ce qui se passe dans les *éléments infiniment petits*. Un maximum ou un minimum dans une foule de possibilités voisines peut toujours être considéré comme existant, grâce à des conditions de symétrie d'une certaine sorte. Quand on attribue à un arrangement une petite modification quelconque, si les différences croissent ou décroissent toutes dans le même sens, cet arrangement présente toujours, sous un certain rapport, un maximum ou un minimum. Les cas d'équilibre sont, en général, de cette espèce, et non pas seulement les cas d'équilibre mécanique et dynamique. On a vu ailleurs que pour les lois dynamiques (comme le principe de la moindre action, etc.), qui sont exprimées sous la forme d'un théorème de maximum ou minimum, ce n'est pas le maximum ou le minimum qui est important, mais plutôt la notion de la *détermination univoque*.

Digitized by Google

Pour l'observateur, les lois naturelles ne sont que des prescriptions purement subjectives, auxquelles la réalité n'est pas astreinte ; sont-elles pour cela sans valeur ? Nullement, car si notre attente ne répond à la réalité sensible que dans certaines limites, elle s'est pourtant montrée souvent exacte, et se montre de jour en jour plus exacte. En adoptant le postulat de la régularité des phénomènes naturels, nous n'avons donc pas fait une bévue, même si ce postulat *n'est jamais vérifié* d'une façon absolue dans l'espace et le temps illimités, puisque l'expérience est inépuisable, et, même, s'il reste toujours un *idéal*, comme tout expédient scientifique. D'ailleurs, ce postulat consiste à supposer que certaines régularités existent, sans rien affirmer sur leur *nature*. Dans le cas où notre attente serait déçue, nous pourrions toujours chercher de *nouvelles* régularités à la place de celles que nous attendions d'abord.

Si, à la manière du savant, on ne voit pas dans l'homme, envisagé au point de vue psychique, un *étranger* isolé en face de la nature ; mais si on voit en lui une partie de la nature, si on considère le monde physique sensible et le monde des idées comme formant *un tout inséparable*, on ne s'étonne pas que le tout ne puisse être épuisé par la partie, mais les règles trouvées dans la partie permettront de conjecturer les règles du tout. Comme on réussit à expliquer dans un domaine étroit un fait par l'autre, on a lieu d'espérer que les deux domaines du physique et du psychique s'éclaire-

Digitized by Google

ront réciproquement peu à peu. Pour cela, il s'agit seulement de mettre dans un accord de *détail*, plus serré qu'on ne l'a fait jusqu'ici, les résultats de l'observation physique et de l'observation psychologique. Personne ne doute plus de la relation de ces deux ordres de choses. On ne peut plus penser à deux mondes qui seraient indépendants l'un de l'autre, ou ne seraient réunis entre eux que par un lien très lâche. La liaison de ces deux mondes par un *troisième* monde *inconnu* (!) n'a, d'ailleurs, absolument aucun sens comme explication. De telles explications ont, espérons-le, perdu pour toujours tout crédit.

On comprend très bien comment ont pu se former les vues en question. L'homme découvrit, par analogie, qu'il existe d'autres êtres vivants, animaux et hommes semblables à lui, et se comportant comme lui ; il dut reconnaître clairement que, pour juger leur conduite, il était obligé de tenir compte de circonstances qu'il ne pouvait immédiatement percevoir par les sens, mais qu'il connaissait par sa propre expérience des circonstances analogues. Alors, bon gré mal gré, il lui fallut séparer les phénomènes en deux classes : d'une part, ceux qui étaient perceptibles pour *tous* les hommes ; d'autre part, ceux qui n'étaient perceptibles que pour *un seul*. C'était pour lui la solution la plus simple, et, du même coup, pratiquement la plus utile. *En même temps*, il eut nettement la notion du Moi étranger *et* de son Moi propre. Ces deux notions sont inséparables. Celui qui, par un

Digitized by Google

hasard quelconque, grandirait sans avoir de compagnon vivant, aurait peine à distinguer des sensations ses représentations incomplètes, n'arriverait pas à la notion du Moi et n'opposerait pas le Moi au monde. Tout ce qui arrive ne serait pour lui qu'une seule chose. Mais dès que nous avons saisi la notion du Moi, nous réussissons facilement à former les abstractions de *physique* et de *psychique*, de sensation personnelle et de sensation étrangère, de représentation personnelle et de représentation étrangère.

Pour une orientation compréhensive, *les deux* points de vue sont nécessaires; ils doivent être employés *tous deux*. L'un nous conduit à l'examen de détail, l'autre nous empêche de perdre le coup d'œil d'ensemble.

Le monde étant découpé et divisé par des abstractions, ses fragments paraissent si vaporeux et si peu consistants, qu'on peut en arriver à douter, si, en recollant les fragments, on retrouvera le monde. A ce propos, on demande bien avec humour et ironie si une sensation ou si une représentation, n'appartenant à aucun Moi, pourrait aller *toute seule* se promener dans le monde. Quand les mathématiciens eurent mis le monde en différentielles, ils eurent aussi un peu d'anxiété, ne sachant s'ils pourraient retrouver le monde intact en intégrant ces riens. Je répondrais à cette question : certainement une sensation ne se présente que dans un complexe, mais je mets en doute que ce complexe soit toujours un Moi complet, éveillé,

Digitized by Google

humain; — il y a aussi une conscience dans le rêve, une conscience hypnotique, une conscience extatique, une conscience animale à différents degrés.

Un corps, et même le plus grossier que nous connaissions, un morceau de plomb, par exemple, appartient toujours à un complexe et finalement au monde : il n'existe rien d'isolé. Le physicien doit envisager librement le monde matériel, qu'il analyse pour la recherche scientifique, et qu'il divise en parties, sans oublier pour cela les liens de ces parties avec l'ensemble ; de même le psychologue doit garder cette liberté, s'il veut venir à bout de quelque chose. On peut comme le cynique Démonax répondre : pas plus qu'aucune autre chose, la sensation n'existe isolément.

Introspectivement, je trouve que mon Moi se réduit au complexe du contenu *concret* de ma conscience. Si, de temps en temps, je crois percevoir en plus quelque chose d'autre, ce quelque chose pourrait se ramener à ceci : à la notion abstraite de mon Moi propre est étroitement liée celle des Moi étrangers, et celle de la *différence* de ces deux Moi, savoir que le Moi ne se comporte pas comme *indifférent* à l'égard de son contenu. Qu'on se demande maintenant si ces notions *abstraites* cachent et *couvrent* autre chose que du contenu concret de conscience, et surtout si on aurait pu les acquérir par *pure* introspection. Presque *tout* est encore à chercher pour le support physico-physiologique du Moi. Ce support n'est nullement un rien à côté du contenu

Digitized by Google

actuellement vivant de la conscience, qui ne représente jamais qu'une minime partie de sa richesse.

Aussi la tradition qu'il existe des barrières infranchissables entre le Moi et le monde, comme entre les différents Moi, est-elle psychologiquement compréhensible. Si j'éprouve quelque chose, ou si je me représente quelque chose, cela ne me paraît avoir aucune influence sur mon Moi ni sur les autres Moi, mais ce n'est là qu'une apparence. Déjà le jeu muet de mes muscles appartient au monde, et à tout observateur attentif à l'observer.

Il y a plus encore, quand mes idées s'expriment en paroles et en actions. Si *une personne* voit du bleu et si *une autre personne* voit une boule, il ne peut aucunement en résulter le jugement : la boule est bleue. Il manque ici « l'unité synthétique de l'aperception » beau mot avec lequel on désigne ce fait banal. Pour réagir, il faut que ces deux représentations viennent se toucher, tout comme les corps en physique. De telles expressions ne résolvent pas un problème, mais plutôt elles sont propres à le couvrir ou à le *masquer*. Le Moi n'est pas un pot, où il suffise de mettre le bleu et la boule pour qu'un jugement en résulte. Le Moi est plus qu'une pure unité, et déjà n'est plus du tout une *simplicité* selon Herbarth. Pour qu'un jugement soit possible, il faut que les éléments de l'espace, qui constituent la boule, soient bleus, et il faut aussi que le bleu soit reconnu comme différent et séparable des éléments de l'espace. Le Moi est un organisme psy-

Digitized by Google

chique, auquel correspond un organisme physique. On a peine à croire que le Moi doive rester éternellement un *problème*, que les efforts *combinés* de la psychologie et de la physiologie ne pourront jamais éclaircir. L'introspection seule, sans le secours de la physique, n'aurait jamais conduit à l'analyse des sensations. Les philosophes d'une part exagèrent l'importance de l'analyse introspective; les psychiâtres, d'autre part, exagèrent non moins souvent l'importance de l'analyse physiologique, alors qu'il est indispensable d'associer *les deux* méthodes, si on veut aboutir à des résultats féconds. Chez les chercheurs de ces deux groupes semble encore exister le vieux préjugé, qui vient de la civilisation primitive, d'après lequel physique et psychique n'ont absolument pas de commune mesure. Provisoirement, on ne peut prévoir jusqu'où conduira la recherche dirigée dans le sens qui est indiqué ici.

Si le Moi n'est pas une monade isolée du monde, mais s'il est une partie du monde et s'il est noyé dans son courant, s'il en est issu et s'il est prêt à s'y diffuser de nouveau, nous ne devons plus être enclins à envisager le monde comme quelque chose d'inconnaissable. Nous sommes nous-mêmes assez *près* de nous, et assez *proches parents* des autres parties du monde pour oser espérer une science réelle.

La science apparaît comme la plus superflue des branches latérales sorties du développement biologique et du progrès de la civilisation. Mais, au

Digitized by Google

point d'avancement où elle se trouve aujourd'hui, elle constitue indubitablement le facteur le plus important au point de vue de la biologie et de la civilisation. Elle a entrepris de remplacer l'adaptation hésitante et inconsciente par l'adaptation *méthodique*, plus rapide et nettement *consciente*. Le regretté physicien Reitlinger avait l'habitude de répondre aux objections pessimistes : « Quand l'homme parut dans la nature, les conditions de l'existence lui étaient données, mais les conditions de son bien-être ne l'étaient pas encore ». L'homme doit réaliser lui-même les conditions de son bien-être, et je crois qu'il les a déjà créées. Cela est vrai aujourd'hui au moins pour les conditions du bien-être matériel, mais, malheureusement pour *une partie* des hommes seulement. Nous pouvons attendre encore mieux de l'avenir. Sir John Lubbock exprime l'espérance « que les bienfaits de la civilisation atteindront non seulement d'autres pays et d'autres peuples, mais aussi que, dans notre pays, ils se répartiront peu à peu d'une façon *générale* et *régulière*, de sorte qu'on ne verra plus les paysans mener, comme dans notre société, une vie misérable; aujourd'hui ils sont toujours comme des sauvages, ne connaissant pas les avantages et les joies simples, qui ornent la vie des races inférieures, et ne sachant pas se procurer les agréments plus relevés et plus nobles qui sont à la portée des hommes civilisés ». Songeons aux tourments que nos ancêtres ont eu à supporter sous la brutalité de leurs institutions sociales, juridiques

Digitized by Google

et judiciaires, de leur superstition, de leur fanatisme; évaluons le riche héritage du présent sous ce rapport et figurons-nous ce qui pourra encore en arriver à nos successeurs : voilà pour nous un motif suffisamment puissant de collaborer ardemment et fortement, par nos vues psychologiques et sociologiques, à la réalisation d'un idéal d'ordre *moral* du monde. Et si nous parvenons à créer un tel ordre moral, nul ne dira plus qu'il n'est pas dans le monde, et nul n'aura besoin de le chercher à des hauteurs ou à des profondeurs mystiques.

Digitized by Google

TABLE DES MATIERES

AVANT-PROPOS DU TRADUCTEUR 1
PRÉFACE 7

CHAP. Ier. — **Science et Philosophie.**

Le rôle de l'intelligence dans la vie. — Le philosophe et le savant. — Le *Physique* et le *Psychique*. — Les relations mutuelles des éléments de nos sensations. — La méthode des variations. — L'observation et l'expérimentation. — On trouve dans la vie ordinaire le principe des méthodes scientifiques. 11

CHAP. II. — **Étude psychophysiologique.**

Sensations et représentations. — Les actes volontaires et l'automatisme. 32

CHAP. III. — **Mémoire, reproduction, association.**

Importance biologique de l'*association* pour les animaux et pour l'homme. — Le principe de simultanéité. — La réflexion. — Comment nous résolvons un problème mathématique. — La mémoire et les amnésies 44

CHAP. IV. — **Réflexe, instinct, volonté, moi.**

La grenouille acérébrée. — Le géotropisme et l'héliotropisme. — La plante et l'animal. — Le développement des réflexes chez l'enfant. — Le mouvement volontaire est un mouvement réflexe influencé par le souvenir. — L'attention. — La volonté et l'aboulie. — Le moi et les maladies de la personnalité 63

CHAP. V. — **Le développement de l'individu dans la nature et la société.**

La psychologie comparée chez l'animal et chez l'homme. — Les différences entre l'homme et l'animal au point de vue psychique sont quantitatives et non qualitatives. — Les progrès de la civilisation. — La lecture et l'écriture. — La Science et l'Art 83

CHAP. VI. — **L'exubérance des idées.**

Danger des superstitions. — Le rêve et l'état de veille. — Les idées sur la vie future. — La morale réglée par les relations de la vie présente et basée sur des faits réels. 101

Digitized by Google

CHAP. VII. — **Vérité et erreur.**

Le cours des idées doit s'adapter aussi exactement que possible aux phénomènes de la vie. — Les jugements. — La vérité et l'erreur ont les mêmes sources psychiques : seul le succès permet de les séparer l'une de l'autre. — La physique du sauvage. — La magie blanche. — Les erreurs judiciaires 114

CHAP. VIII. — **Le concept.**

Les concepts rudimentaires chez l'animal. — Les concepts chez les hommes de différentes professions. — L'abstraction. — Rôle de l'abstraction dans la science. — Le principe de l'inertie. — La dispersion de la lumière. — Les idées de Stallo 133

CHAP. IX. — **Sensation, intuition, imagination.**

Sensations et concepts. — Les organes des sens. — L'intuition : type visuel et type auditif. — L'imagination. — L'imagination de l'enfant. — L'imagination du savant. — Les hallucinations. — L'imagination de l'artiste . . 154

CHAP. X. — **Adaptation des pensées aux faits et des pensées entre elles.**

L'observation et la théorie. — Les sophistes. — La scolastique. — Les problèmes du *Thaumaturgus mathematicus*. — Le principe de l'inertie. — La mécanique de Newton. — Les théories de la chaleur. — L'arrangement économique des pensées 174

CHAP. XI. — **L'expérimentation mentale.**

Condition préalable de l'expérimentation physique, l'expérimentation mentale n'est possible que pour celui qui a déjà acquis de l'expérience. — Comme l'expérimentation physique, elle recourt à la méthode des variations. — Dans certains cas, elle peut être décisive à elle seule. — Le rôle des paradoxes. — L'expérimentation mentale en mathématiques 197

CHAP. XII. — **L'expérimentation physique et ses guides.**

La relation quantitative est un cas particulier plus simple de la relation qualitative. — La méthode de la sommation des effets. — La méthode de compensation. — Les méthode de zéro. — Les expériences collectives. — Les phénomènes inverses 212

Digitized by Google

CHAP. XIII. — **La similitude et l'analogie, motifs directeurs de la recherche scientifique.**

La similitude est une identité partielle; l'analogie, une similitude d'ordre abstrait. — Le principe de continuité. — L'analogie en Mathématiques et en Physique. — Les idées de Maxwell 227

CHAP. XIV. — **L'hypothèse.**

L'hypothèse à l'état rudimentaire chez l'animal et chez l'homme doit être rapprochée de l'hypothèse scientifique. — L'hypothèse en Mathématiques. — L'hypothèse en Physique. — L'hypothèse chez Newton. — Les hypothèses en Optique. 237

CHAP. XV. — **Le problème.**

Le problème naît du désaccord entre les pensées et les faits ou du désaccord des pensées entre elles. — La méthode synthétique, la méthode analytique et la méthode de la réduction à l'absurde. — Il y a grand avantage à écarter certains problèmes. — L'impossibilité du mouvement perpétuel 253

CHAP. XVI. — **La relation de cause à effet et la notion de fonction.**

La relation de cause à effet est superficielle et incomplète; elle manque de précision. — Il convient de la remplacer par la notion de fonction. — Déterminisme et indéterminisme 272

CHAP. XVII. — **Exemples de recherches dans les sciences**

Le développement de l'Astronomie. — Les phénomènes électriques et magnétiques. — L'ozone. — La découverte de Daguerre. — Le géotropisme des plantes. — La génération spontanée. — La solidarité des sciences 280

CHAP. XVIII. — **Psychologie de la déduction et de l'induction.**

Le syllogisme et l'induction n'augmentent pas nos connaissances : ils ne peuvent que les mettre en ordre. — L'induction complète et l'induction incomplète. — Le nom de sciences inductives. — C'est par l'observation que nos connaissances s'étendent 300

Digitized by Google

CHAP. XIX. — **Nombre et Mesure.**

Les avantages de la recherche quantitative. — Les besoins biologiques conduisent au concept de nombre. — Le principe de classement. — Les nombres entiers positifs et négatifs. — Les imaginaires. — L'égalité de deux grandeurs physiques. — La mesure. — En physique, il faut toujours s'assurer que la juxtaposition de grandeurs de même espèce correspond à une addition réelle 313

CHAP. XX. — **L'espace physiologique et l'espace géométrique.**

L'espace euclidien est isotrope et homogène, tandis que l'espace visuel et l'espace tactile sont anisotropes et non homogènes. — Nous ne rencontrons dans l'organisme la notion d'espace que là où elle nous est biologiquement utile. — L'impression sensorielle et l'impression organique. — Pourquoi nous ne sommes pas choqués par les divergences entre l'espace géométrique et l'espace physiologique. 327

CHAP. XXI. — **Le temps physiologique et le temps physique.**

Le rôle biologique de la sensation de temps. — Il y a dans l'impression organique une partie qui dépend du temps et une partie qui en est indépendante. — Les phénomènes de la vie présentent un caractère de périodicité, qui n'a rien de surprenant si la vie est un équilibre dynamique entre l'assimilation et la désassimilation. — Oscillations de l'attention. — La mesure du temps en Physique 340

CHAP. XXII. — **Le temps et l'espace en physique.**

Les relations physiques immédiates les plus simples s'expriment par des rapports de temps. — Les relations physiques indirectes s'expriment par des rapports d'espace. — L'évolution des idées sur le vide. 351

CHAP. XXIII. — **Sens et valeur des lois scientifiques.**

Les lois scientifiques sont des restrictions que nous prescrivons à notre attente des phénomènes. — La simplicité des lois naturelles. — La détermination univoque. — Le rôle de la Science dans la civilisation 367

9173. — Paris. — Imp. Hemmerlé et Cie. — 11.07.

Digitized by Google

2° PSYCHOLOGIE ET PHILOSOPHIE

ENEL (Vicomte Georges d'). **Le Nivellement des Jouissances.**

LDENSPERGER (F.), chargé de cours à la Sorbonne. **La Littérature.**

RGSON, POINCARÉ, Ch. GIDE, Etc., **Le Matérialisme actuel** (7e mille).

NET (A.), directeur de Laboratoire à la Sorbonne. **L'Ame et le Corps** (9e mille).

NET (A.). **Les Idées modernes sur les enfants** (14e mille).

UIN (Dr G.). **La Naissance de l'Intelligence** (40 figures) (6e mille).

UTROUX (E.), de l'Institut. **Science et Religion** (16e mille).

LSON (C.), de l'Institut. **Organisme économique et Désordre social.**

RUET (J.), avocat à la Cr d'appel. **La Vie du Droit et l'impuissance des Lois** (5e m.).

AUZAT (Albert), docteur ès lettres. **La Philosophie du Langage** (4e mille).

DOMARD (Dr G.). **Le Rêve et l'Action.**

UGAS (L.), agrégé de Philosophie. **La Mémoire et l'Oubli.**

WELSHAUVERS (Georges), professeur à l'Université de Bruxelles. **L'Inconscient.**

UIGNEBERT (C.), chargé de cours à la Sorbonne. **L'Evolution des Dogmes** (6e m.).

AUCHET-SOUPLET (P.), directeur de l'Institut de Psychologie. **La Genèse des Instincts.**

ANOTAUX (Gabriel), de l'Académie française. **La Démocratie et le Travail.**

AMES (William), de l'Institut. **Philosophie de l'Expérience** (8e mille).

AMES (William). **Le Pragmatisme** (7e m.).

JAMES (William). **La Volonté de Croire** (4e m.)

JANET (Dr Pierre), de l'Institut, professeur au Collège de France. **Les Névroses** (8e m.).

LE BON (Dr Gustave). **Psychologie de l'Éducation** (20e mille).

LE BON (Dr Gustave). **La Psychologie politique** (13e mille).

LE BON (Dr Gustave). **Les Opinions et les Croyances** (10e mille).

LE BON (Dr Gustave). **La Vie des Vérités** (7e mille).

LE BON (Dr Gustave). **Enseignements Psychologiques de la Guerre** (27e mille).

LE BON (Dr Gustave). **Premières Conséquences de la Guerre** (20e mille).

LE DANTEC. **Savoir!** (7e mille).

LE DANTEC. **L'Athéisme** (14e mille).

LE DANTEC. **Science et Conscience** (8e m.)

LE DANTEC. **L'Égoïsme** (9e mille).

LE DANTEC. **La Science de la Vie** (6e m.).

LEGRAND (Dr M.-A.). **La Longévité.**

LOMBROSO. **Hypnotisme et Spiritisme** (7e mille).

MACH. **La Connaissance et l'Erreur** (5e m.)

MAXWELL. **Le Crime et la Société** (9e m.)

PICARD (Edmond). **Le Droit pur** (6e mille).

PIERON (H.), Mre de Conf. à l'Ecole des Htes Etudes. **L'Evolution de la Mémoire** (4e mil.)

REY (Abel), professeur agrégé de Philosophie. **La Philosophie moderne** (9e mille).

VASCHIDE (Dr). **Le Sommeil et les Rêves** (5e mille).

VILLEY (Pierre), professeur agrégé de l'Université. **Le Monde des Aveugles.**

Digitized by Google

Bibliothèque de Philosophie scientifique

DIRIGÉE PAR LE Dr GUSTAVE LE BON

Ire SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

BACHELIER (Louis), Docteur ès sciences. **Le Jeu, la Chance et le Hasard** (4e mille).
BELLET (Daniel), prof. à l'École des Sciences politiques. **L'Évolution de l'industrie.**
BERGET (A.), professeur à l'Institut océanographique. **La Vie et la Mort du Globe** (7e m.).
BERGET (A.). **Les problèmes de l'Atmosphère** (27 figures).
BERTIN (L.-E.), de l'Institut. **La Marine moderne** (66 figures) (5e mille).
BIGOURDAN, de l'Institut. **L'Astronomie** (50 figures) (5e mille).
BLARINGHEM (L.). **Les Transformations brusques des êtres vivants** (49 figures). (3e mille).
BOINET (Dr), prof. de Clinique médicale. **Les Doctrines médicales** (6e mille).
BONNIER (Gaston), de l'Institut. **Le Monde végétal** (230 figures) (10e mille).
BONNIER (Dr Pierre). **Défense organique et Centres nerveux.**
BOUTY (E.), de l'Institut. **La Vérité scientifique, sa poursuite** (5e mille).
BRUNHES (B.), professeur de physique. **La Dégradation de l'Énergie** (8e mille).
BURNET (Dr Étienne), de l'Institut Pasteur. **Microbes et Toxines** (71 fig.) (6e mille).
CAULLERY (Maurice), professeur à la Sorbonne. **Les Problèmes de la Sexualité** (4e m.)
COLSON (Albert), professeur à l'École Polytechnique. **L'Essor de la Chimie** (5e m.)
COMBARIEU (J.), chargé de cours au collège de France. **La Musique** (12e mille).
DASTRE (Dr A.), de l'Institut, professeur à la Sorbonne. **La Vie et la Mort** (14e mille).
DELAGE (Y.), de l'Institut et GOLDSMITH (M.). **Les Théories de l'Evolution** (7e mille).
DELAGE (Y.), de l'Institut et GOLDSMITH (M.). **La Parthénogénèse.**
DELBET (P.), professeur à la Fe de Médecine Paris. **La Science et la Réalité** (4e m.).
DEPÉRET (C.), de l'Institut. **Les Transformations du Monde animal** (7e mille).
ENRIQUES (F.). **Les Concepts fondamentaux de la Science.**
GRASSET (Dr). **La Biologie humaine.**
GUIART (Dr). **Les Parasites incubateurs de maladies** (107 figures) (5e mille).
HERICOURT (Dr J.). **Les Frontières de la Maladie** (9e mille).
HERICOURT (Dr J.). **L'Hygiène moderne** (12e mille).
HOUSSAY (F.), professeur à la Sorbonne. **Nature et Sciences naturelles** (7e mille).
JOUBIN (Dr L.), professeur au Muséum. **La Vie dans les Océans** (45 figures) (8e mille).
LAUNAY (L. de), de l'Institut. **L'Histoire de la Terre** (11e mille).
LAUNAY (L. de), de l'Institut. **La Conquête minérale** (5e mille).
LE BON (Dr Gustave). **L'Évolution de la Matière**, avec 63 figures (30e mille).
LE BON (Dr Gustave). **L'Évolution des Forces** (42 figures) (17e mille).
LECLERC DU SABLON (M.). **Les Incertitudes de la Biologie** (24 figures) (1e mille).
LE DANTEC (F.). **Les Influences Ancestrales** (13e mille).
LE DANTEC (F.). **La Lutte universelle** (9e m.)
LE DANTEC (F.). **De l'Homme à la Science** (8e mille).
MARTEL, directeur de *La Nature*. **L'Évolution souterraine** (80 figures) (6e mille).
MEUNIER (S.), professeur au Muséum. **Les Convulsions de la Terre** (35 fig.) (5e m.)
MEUNIER (S.), professeur au Muséum. **Histoire géologique de la Mer.**
OSTWALD (W.). **L'Evolution d'une Science : la Chimie** (8e mille).
PERRIER (Edm.), membre de l'Institut, directeur du Muséum. **A Travers le Monde vivant.**
PICARD (Émile), de l'Institut, professeur à la Sorbonne. **La Science moderne** (12e mille).
POINCARÉ (H.), de l'Institut, prof. à la Sorbonne. **La Science et l'Hypothèse** (20e mille).
POINCARÉ (H.). **La Valeur de la Science** (22e mille).
POINCARÉ (H.). **Science et Méthode** (14e m.)
POINCARÉ (H.). **Dernières Pensées** (10e m.)
POINCARÉ (Lucien), dir. au Ministère de l'Instruction publique. **La Physique moderne** (10e m.)
POINCARÉ (Lucien). **L'Électricité** (12e mille).
RENARD (Col). **L'Aéronautique** (66 figures) (6e mille).
RENARD (Col). **Le Vol mécanique. Les Aéroplanes** (121 figures).
ZOLLA (Daniel), professeur à l'École de Grignon. **L'Agriculture moderne** (1e m.)

PSYCHOLOGIE, PHILOSOPHIE ET HISTOIRE

Voir la liste des ouvrages parus pages 2 et 3 de la couverture.

7037 — Paris. — Imp. Hemmerlé et Cie. — 3-17.

Digitized by Google

MAJORATION TEMPORAIRE DE 1/25

1er Mars 1918

Digitized by Google

Digitized by Google

3 2044 036 889

A FINE IS INCURRED IF THIS BOOK IS NOT RETURNED TO THE LIBRARY ON OR BEFORE THE LAST DATE STAMPED BELOW.

6088691
BOOK DUE-WID.
MAY 1973
CANCELLED
MAY 19

WIDENER
WIDENER
OCT 18 2001
BOOK DUE
CANCELLED

CANCELLED
STALL-STUDY
CHARGE

CANCELLED
STALL-STUDY
CHARGE

Digitized by Google

Digitized by Google